

Instalación y puesta en marcha de la controladora de
canbus BasicCAN 61 plus en un motor Volkswagen
1.4 gasolina sobrealimentado



Grado en Ingeniería Mecánica

Trabajo Fin de Grado

Amaro Martínez, Javier

Urroz Unzueta, José Carlos

Pamplona, fecha de defensa del 22/06/2015 al
30/06/2015

ABSTRACT

The final degree work I am going to present below deals with installing and commissioning of the CANBUS controller BasicCAN 61 Plus of the German mark GOEPEL Electronics. The main objective of this controller is to create an automatic simulation of a bus network, which can take several protocols, in our case will be CANBUS.

The VW 1.4 TSI engine mounted on a frame in CARLOS SOPENA garage not have several key elements for the engine ECU to function properly. An example is the absence of the torque signal that is provided by the engine. This entails that the supercharger can not be activated because a condition necessary torque is required for activation. To activate this element is very important because it is the main feature of this engine, its twin charged.

The ultimate goal of this engine is to be installed on the test bench of the university for further study with hydrogen feed, but now, the test bench is occupied by a motor and runs on hydrogen, so we want to make all the settings in the 1.4 TSI in the frame and then can be mounted on the test bench without any problems.

KEY WORDS

- ❖ Simulation of signals
- ❖ CAN bus
- ❖ BasicCAN 61 Plus
- ❖ Cockpit AG Volkswagen
- ❖ TSI 1.4L doble supercharged engine
- ❖ RBS Selector
- ❖ OBD2 and D-SUB 9 plugs

RESUMEN DEL TRABAJO

El trabajo de fin de grado que voy a presentar a continuación trata sobre la instalación y puesta en marcha de la controladora de CANBUS BasicCAN 61 Plus de la marca alemana GOEPEL ELECTRONICS. El principal objetivo de dicha controladora es crear una simulación automática de una red bus, la cual puede adoptar varios protocolos, en nuestro caso será el CANBUS.

El motor VW 1.4 TSI montado en el bastidor del taller CARLOS SOPENA no posee varios elementos clave para que la ECU del motor pueda funcionar correctamente. Un ejemplo es la ausencia de la señal de par motor que está proporcionando el motor. Esto acarrea que el turbocompresor no pueda ser activado porque para su activación es necesaria una condición de par necesaria. Poder activar dicho elemento es muy importante porque es la principal característica de dicho motor, su doble sobrealimentación.

El objetivo final de dicho motor es poder ser instalado en el banco de ensayos de la universidad para su posterior estudio con alimentación de hidrogeno, pero en estos momentos, el banco de ensayos está ocupado por un motor que ya funciona con hidrogeno, así que se desea realizar todas las configuraciones en el motor 1.4 TSI en el bastidor para después poder montarlo en el banco de ensayos sin ningún problema.

PALABRAS CLAVE

- ❖ Simulación de señales.
- ❖ CAN bus.
- ❖ BasicCAN 61 Plus.
- ❖ Cockpit AG Volkswagen.
- ❖ Motor TSI 1.4L con doble sobrealimentación.
- ❖ RBS Selector.
- ❖ Conector OBD2 and D-SUB 9.

INDICE

1. ANTECEDENTES.....	7
2. OBJETIVOS	8
3. MOTOR VW 1.4 TSI SOBREALIMENTADO	10
3.1 Características técnicas del motor VW TSI 1.4 L.....	11
3.2 Doble sistema de sobrealimentación	12
3.2.1 Compresor.....	12
3.2.1.1 Ventajas	12
3.2.1.2 Desventajas.....	12
3.2.1.3 Accionamiento	12
3.2.1.4 Acoplamiento electromagnético para compresor (N421).....	13
3.2.2 Turbocompresor de escape	17
3.2.2.1 Ventajas	17
3.2.2.2 Desventajas.....	17
3.2.3 Márgenes de trabajo de sobrealimentación	18
3.3 Gestión del motor.....	20
3.3.1 Unidad de control del motor J623.....	20
4. TECNOLOGIA bus CAN	23
4.1 Puntos fuertes.....	23
4.2 Carencias	23
4.3 Ventajas	24
4.4 Componentes de la red can.....	24
4.5 Funcionamiento.....	28
4.5.1 Ciclo de transmisión	28
4.6 Tipos de tramas	29
4.6.1 Trama de datos	30
4.6.2 Trama remota	31

4.6.3 Trama de error	31
4.6.4 Espacio entre tramas	31
4.6.5 Trama de sobrecarga	31
4.7 Priorización del mensaje	32
5. GOEPEL ELECTRONIC	34
5.1 BASICAN 61 PLUS	34
5.1.1 Status Led's	37
5.1.2 Asignación de Pines	38
6. INSTALACION DEL PROGRAMA	41
6.1 Hardware Explorer	41
6.2 Driver USB	44
6.3 Cockpit ag Volkswagen	46
7. CONEXIÓN ENTRE LA CONTROLADORA Y EL MOTOR ...	52
7.1 Conexión D-SUB 9	57
7.2 Conexión OBD2	58
7.3 Fabricación y montaje	59
7.4 Resultado final	62
8. MANEJO DEL PROGRAMA	63
8.1 Hardware explorer	63
8.2 Cockpit ag Volkswagen	66
9. COMPROBACION DE LOS PROGRAMAS DE SIMULACION	80
9.1 Desmontaje e instalación de la centralita del airbag	80
9.2 Resultado	89
10. COSTES DEL PROYECTO	91
11. CONCLUSION	92

12. REFERENCIAS	94
12.1 Referencias bibliográficas	94
12.2 Referencias linkográficas	94
12.3 Bibliografía complementaria	94
12.4 Lista de figuras	95
12.5 Lista de tablas	105

1. ANTECEDENTES

Mi Trabajo Fin de Grado es una consecución de dos trabajos realizados anteriormente en el motor VW 1.4 TSI del taller CARLOS SOPENA.

Previamente trabajaron en él, Joseba Landiribar Rodríguez, que fue el encargado de montar el motor compuesto únicamente por el bloque motor completo, culata completa, sistemas de admisión y escape. Para ello instaló todos los elementos auxiliares y el sistema eléctrico proporcionados por VW. Pero dichos elementos no eran los propios del motor por lo que había ciertas partes no conectadas o que simplemente no existían. Aun así Joseba logro arrancar el motor sobrealimentado, aunque poseía un gran número de fallos y el funcionamiento no era óptimo. [1]

El segundo alumno en trabajar con dicho motor fue Eduardo Goicoechea Débora el cual, gracias a sus conocimientos previos en automoción adquiridos en los estudios de Formación Profesional, consiguió solucionar el máximo número de fallos detectados por la centralita del motor mediante la adición de resistencias para simular ciertas señales como la temperatura ambiente o la temperatura a la salida del radiador. Además se encargó de realizar una comparación a distintos regímenes entre el motor TSI del bastidor con el Polo A05 GTI, el cual está completo. [2]

2. OBJETIVOS

En un principio dicho trabajo de fin de grado tenía propuestos varios objetivos, como tal indica el título, el principal es la instalación y puesta en marcha de la controladora de CANBUS BasicCAN 61 Plus en un motor 1.4 gasolina sobrealimentado de VOLKSWAGEN. Además de estos dos objetivos, se propuso, en un primer momento, poder controlar varias señales a través del sistema CANBUS mediante la controladora de la marca GOEPEL ELECTRONICS.

Varios ejemplos de esas señales serían el gobierno total a nuestro antojo del compresor volumétrico, el cual se pone en funcionamiento activando un embrague electromagnético creando una relación de fricción entre la polea que gira con la correa de auxiliares y el eje del compresor. Consiguiendo esto se podría hacer funcionar al motor en diferentes modos, únicamente con el turbocompresor, turbocompresor y compresor volumétrico a la vez, únicamente el compresor volumétrico...

Otro ejemplo aunque este no es de gobierno, sería la simulación de la velocidad de las ruedas. El motor no posee ruedas, ni palieres... por lo que el motor trabaja en vacío en todo momento. Lo que se pretendía llegar a conseguir era poder simular que las ruedas giraran mediante la controladora, esta introduciría una consigna con un valor específico en el sistema de CANBUS para que cuando la centralita de control del motor leyera dicho mensaje "se pensara" que el coche estaba avanzando a una velocidad determinada.

Tras conseguir instalar el programa RBS Selector, proporcionado por GOEPEL ELECTRONICS, en el ordenador portátil del taller CARLOS SOPENA y poder poner en funcionamiento el programa de simulación que en un principio nos indicaron que era el que debíamos usar, nos dimos cuenta de que no había ningún tipo de

intercambio de información entre la controladora y el sistema CANBUS del motor montado en el bastidor.

Hablamos con los ingenieros de GOEPEL ELECTRONICS y nos comunicaron que los programas de simulación que tenía instalados la controladora no eran aptos para nuestra instalación. Necesitábamos un banco de ensayos de la marca VENUS para que la controladora actuase como Gateway entre el motor y el banco. O de otra manera, una programación específica para la red que tenemos instalada en el taller de CARLOS SOPENA.

En cualquier caso, actualmente, seguimos en contacto con los ingenieros de Goepel Electronics y Volkswagen para poder solucionar dichos imprevistos.

3. MOTOR VW 1.4 TSI SOBREALIMENTADO

El motor TSI 1.4l es el primer motor del mundo en combinar la inyección directa de gasolina con una sobrealimentación doble. [3]

Se particulariza por el uso de la inyección directa de gasolina que fue implantada por primera vez en el Volkswagen Lupo FSI del 2001. Además posee sobrealimentación doble en función de las necesidades con un compresor mecánico y/o con un turbocompresor de escape. Y por último se sustituyó un motor de gran cilindrada por uno con una cilindrada menor con lo que se redujeron las fricciones internas y el consumo de combustible, sin producirse una reducción de potencia o par.

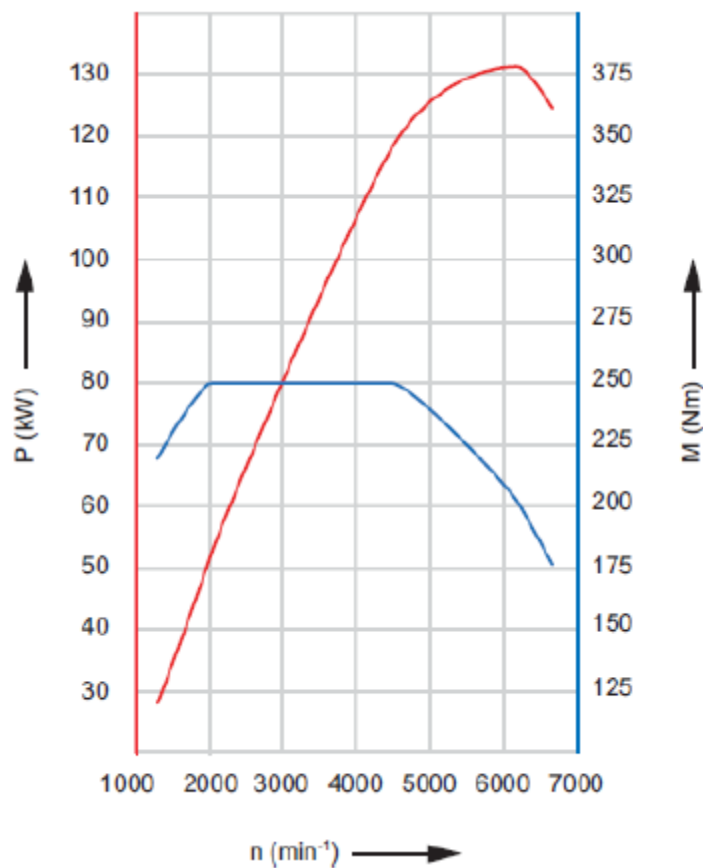


"Figura 1"

3.1 Características técnicas del motor VW TSI 1.4 L

Código de motor	CAVE
Diseño	Motor en serie
Número de cilindros	4
Válvulas por cilindro	4
Cilindrada	1390 cm ³
Diámetro	76,5 mm
Carrera	75,6 mm
Relación de compresión	10 : 1
Potencia máx.	132 kW a 6200 min ⁻¹
Par motor máx.	250 Nm a 2000 - 4500 min ⁻¹
Unidad de control	Bosch MED 17.5.5
Combustible	Super sin plomo con índice de octano 98 o 95 - con ligera reducción de potencia
Tratamiento posterior de los gases de escape	Catalizador de tres vías; regulación Lambda
Norma sobre gases de escape	EU5

"Tabla 1"



"Tabla 2"

En la gráfica se aprecia claramente el punto fuerte de dicho motor. Alcanza unos valores de par y potencia muy altos, 250 Nm y 132 kW respectivamente, para la cilindrada que posee el motor, apenas 1390 cm³ y con un consumo combinado aproximado de 6l/100 kms. En resumen este motor posee el consumo de un motor atmosférico con una potencia de uno sobrealimentado.

3.2 Doble sistema de sobrealimentación

3.2.1 Compresor

Es un sobre alimentador mecánico que se puede conectar subsidiariamente con ayuda de un acoplamiento electromagnético.

El compresor mecánico va atornillado al bloque motor detrás del filtro de aire, en el lado de la admisión. Se le llama compresor helicoidal debido a la geometría de ambos rotores.

3.2.1.1 Ventajas

- ❖ Rápida generación de presión de sobrealimentación
- ❖ Pares intensos a bajas revoluciones
- ❖ Activación en función de las necesidades
- ❖ No requiere lubricación o refrigeración externa

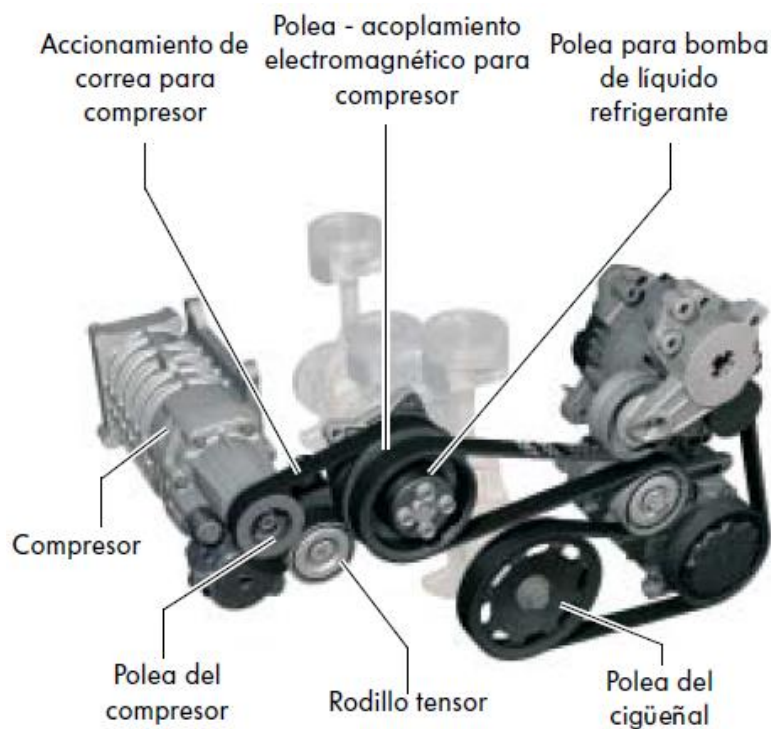
3.2.1.2 Desventajas

- ❖ Consume potencia del motor
- ❖ La presión se genera en función del régimen

3.2.1.3 Accionamiento

El compresor se conecta subsidiariamente en función de las necesidades y se impulsa por medio de un accionamiento auxiliar a partir de la bomba de líquido refrigerante.

El accionamiento auxiliar se conecta a través de un acoplamiento electromagnético instalado en el módulo de la bomba de líquido refrigerante y que trabaja sin mantenimiento. Las relaciones de transmisión desde la polea del cigüeñal hasta la polea del compresor, así como la relación de transmisión interna del compresor hace que este gire a una velocidad 5 veces superior a la del cigüeñal. El régimen máximo es de 17 500 rpm.



"Figura 2"

3.2.1.4 Acoplamiento electromagnético para compresor (N421)

El acoplamiento electromagnético del compresor funciona sin necesidad de mantenimiento y forma parte del módulo de líquido refrigerante.

El acoplamiento magnético es excitado por la unidad de control del motor en función de las necesidades. A raíz de ello el acoplamiento cierra y establece una unión en arrastre de fuerza entra la polea de la bomba de líquido refrigerante y la polea del acoplamiento electromagnético. En vehículos con cambio

automático DSG se excita siempre el acoplamiento electromagnético a través de una señal PWM.

Acoplamiento electromagnético para compresor N421



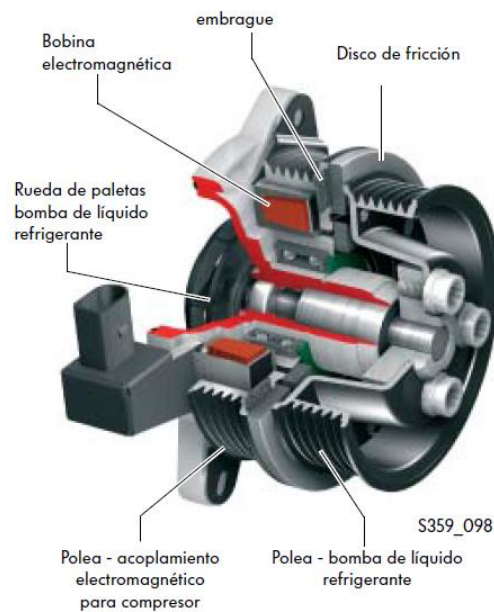
Módulo bomba de líquido refrigerante

S359_060

"Figura 3"

El acoplamiento magnético consta de:

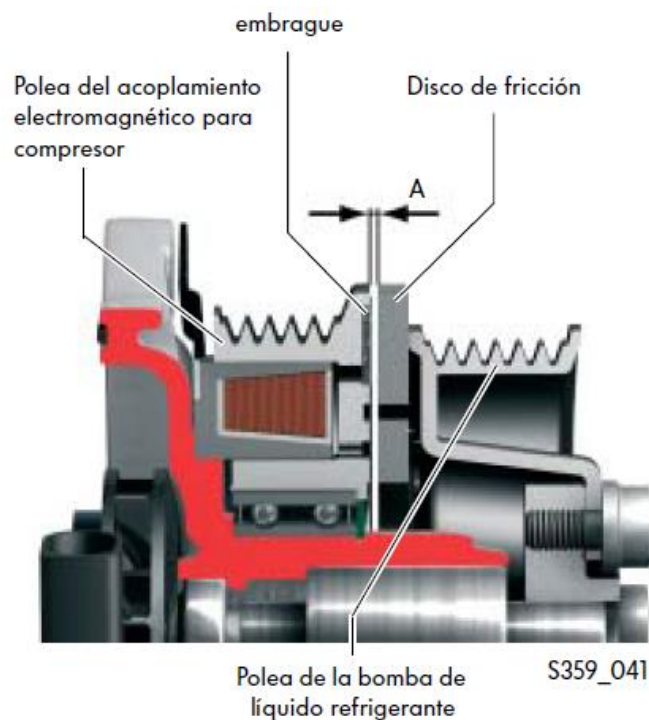
- Polea de la bomba para líquido refrigerante con un disco de fricción sometido a fuerza de muelle.
- Polea del acoplamiento electromagnético, alojada en un cojinete de bolas y dotada de un embrague.
- Bobina electromagnética



"Figura 4"

❖ *Acoplamiento magnético no accionado:*

La polea de la bomba de líquido refrigerante es impulsada por el cigüeñal. Al no estar accionado el acoplamiento, la polea del compresor no acompaña el giro. Entre el embrague y el disco de fricción hay un espacio de separación "A".

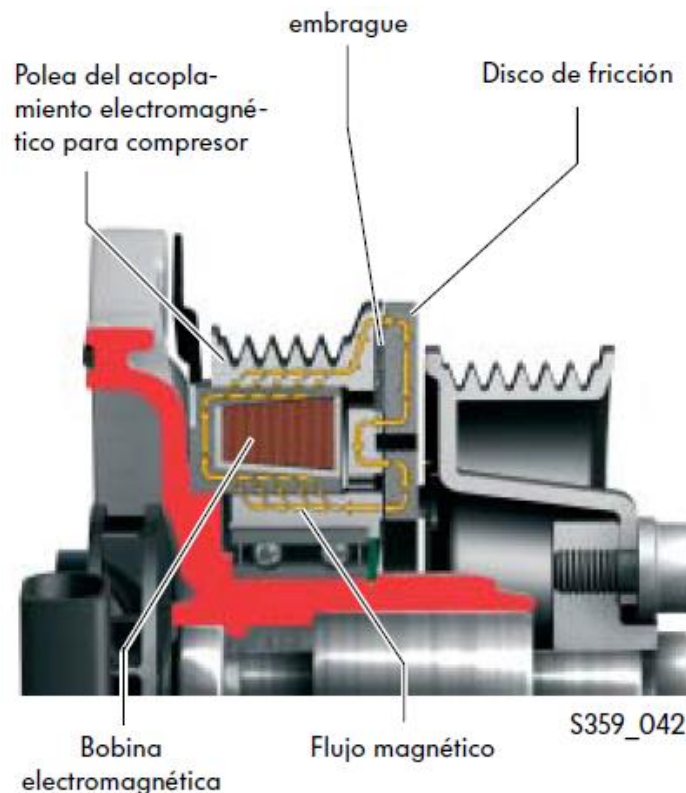


"Figura 5"

❖ *Acoplamiento electromagnético accionado:*

Se aplica una tensión a la bobina electromagnética, así se genera un campo magnético que atrae al disco de fricción contra el embrague y establece una unión de arrastre de fuerza entra la polea del acoplamiento electromagnético y la polea de la bomba del líquido refrigerante.

Así el compresor mecánico esta accionado, acompaña el giro de la polea del líquido refrigerante hasta que la unidad de control electrónica decide interrumpir su funcionamiento. En este momento se deja de alimentar la bobina con la señal PWM, desaparece el campo magnético y los muelles de la polea del líquido refrigerante retraen el disco de fricción desuniendo este y el embrague.



"Figura 6"

3.2.2 Turbocompresor de escape

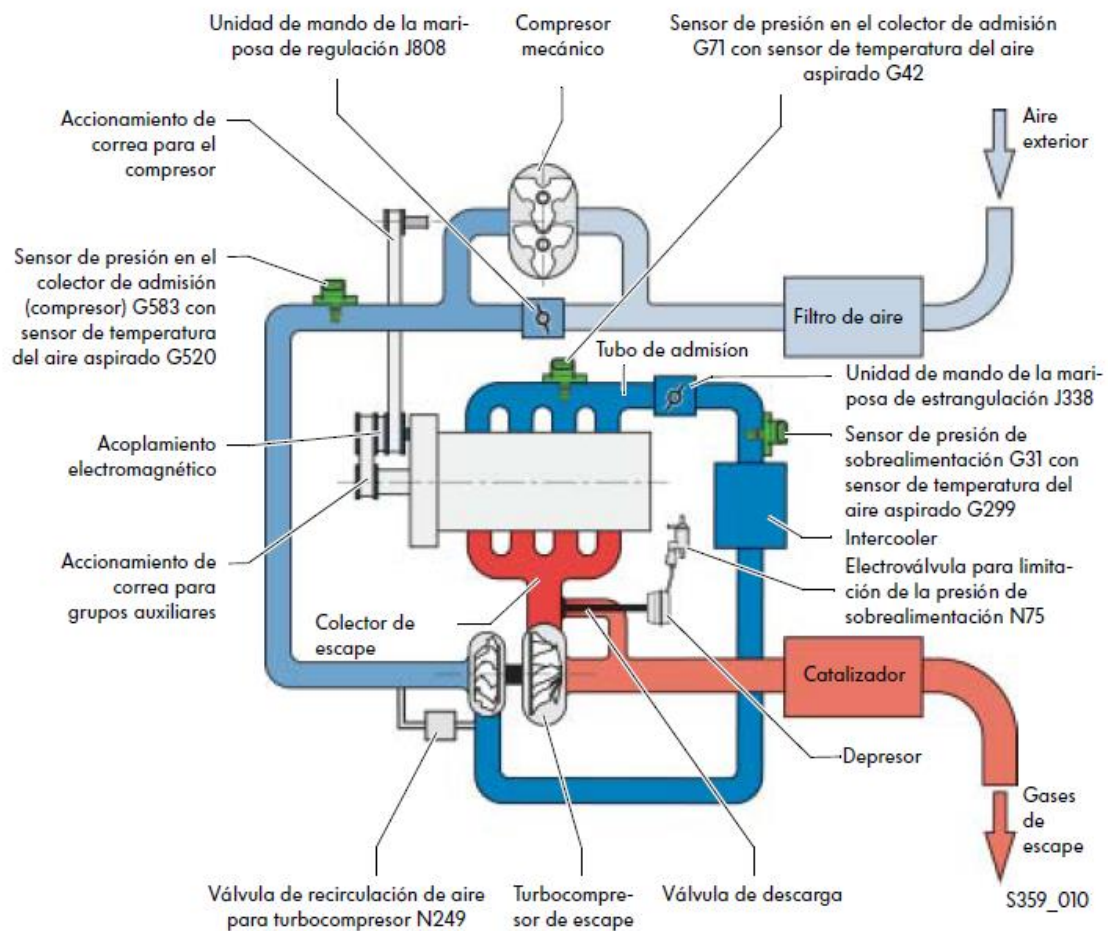
El turbocompresor de escape es accionado permanente por los gases de escape.

3.2.2.1 Ventajas

- ❖ Rendimiento muy favorable a costa de la energía de los gases de escape

3.2.2.2 Desventajas

- ❖ En un motor pequeño la sobrealimentación generada a regímenes bajos no es suficiente para generar un par intenso
- ❖ Altas cargas térmicas



"Figura 7"

En dicha estructura del sistema de sobrealimentación doble y de escape, el aire exterior es aspirado a través del filtro del aire. La

posición de la mariposa regulada por la centralita J808 decide si el flujo de aire fluirá por el compresor mecánico. Dicho flujo pasara por la caracola de admisión del turbo seguido por el intercooler para enfriar el flujo y finalmente hacia la cámara de combustión.

Los gases quemados en la cámara de combustión se encargaran, pasando por la caracola de escape del turbocompresor, de generar esa sobrealimentación aportada por el turbo y por ultimo conducidos al exterior a través del catalizador de tres vías.

3.2.3 Márgenes de trabajo de sobrealimentación

En la siguiente grafica se muestran los diferentes modos de trabajo de dichos elementos. Según la intensidad del par solicitado y el régimen de revoluciones la unidad de control del motor decide la cantidad de presión de sobrealimentación a generar y de qué manera y magnitud.



Margen de sobrealimentación constante del compresor:


A partir de una solicitud de entrega de par mínima específica (90 Nm) y hasta un régimen de motor de 2400 rpm el compresor se encuentra conectado continuamente. La sobrealimentación suministrada por el compresor se regula a través de la unidad de mando de la mariposa de regulación (J808).



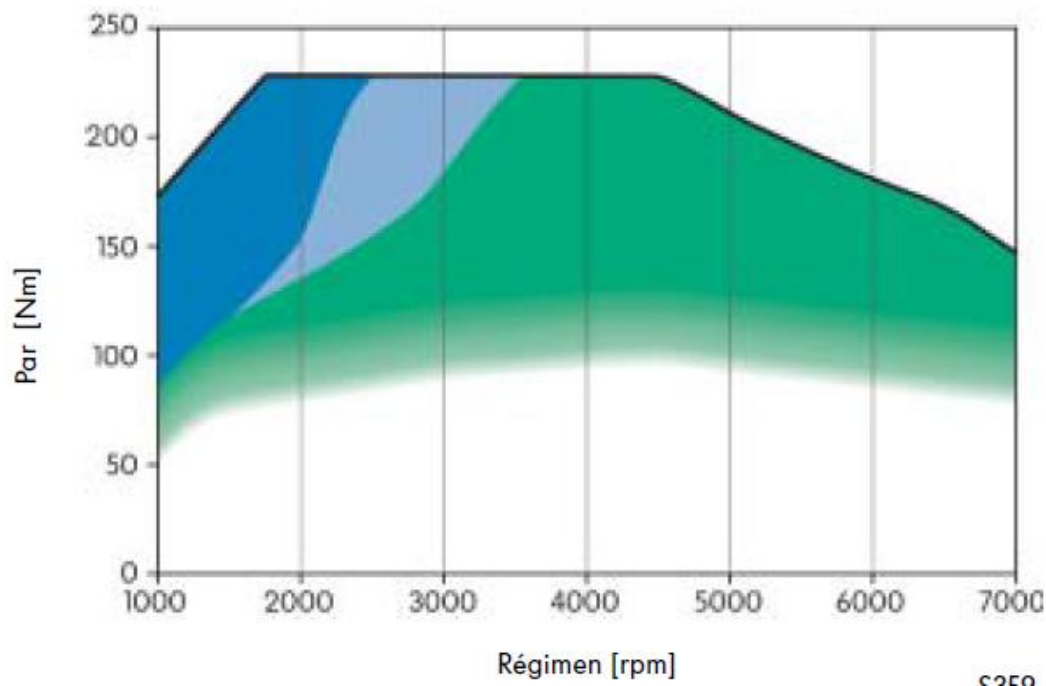
Margen de sobrealimentación del compresor en función de las necesidades:

Hasta un régimen máximo de 3500 rpm se conecta subsidiariamente el compresor si es necesario. Este es por ejemplo el caso si dentro de este margen se circula a velocidad constante y luego se acelera intensamente. Debido a la inercia

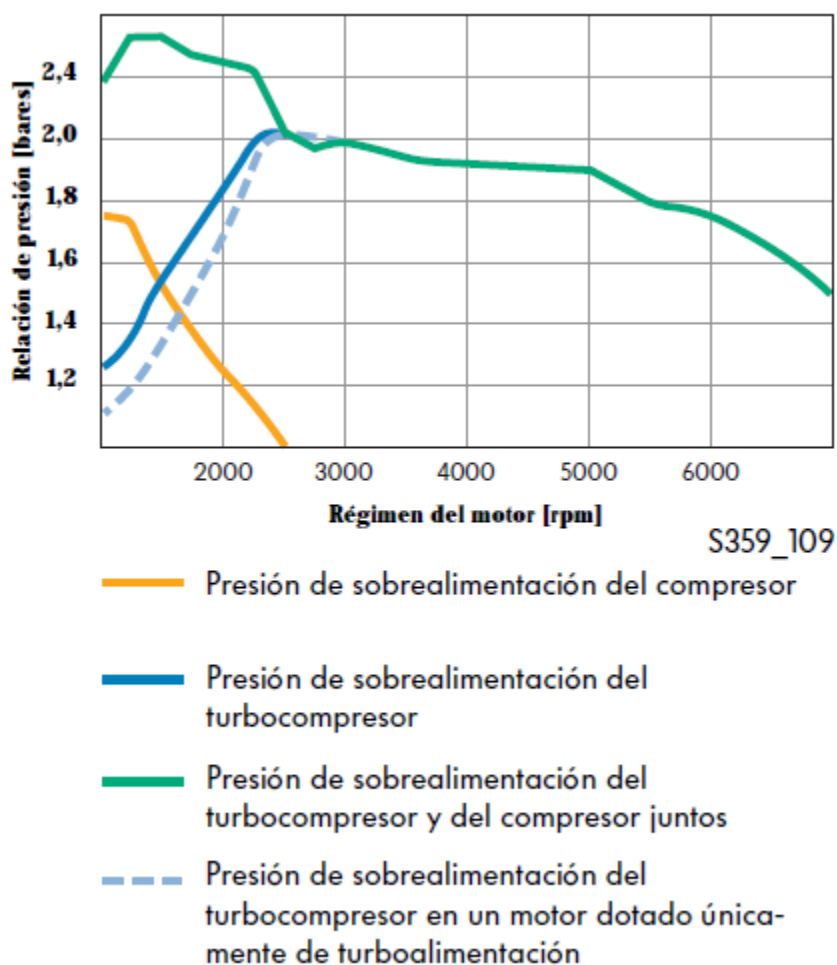
de respuesta del turbocompresor se produciría una aceleración retardada (bache del turbo). Por ese motivo se conecta subsidiariamente el compresor y se alcanza lo más rápidamente posible la presión de sobrealimentación necesaria.

 *Margen de sobrealimentación del compresor en función de las necesidades:*

En esta zona el turbocompresor logra generar sin ayuda externa la presión de sobrealimentación necesaria. Dicha sobrealimentación se regula por medio de la electroválvula para limitación de la presión de sobrealimentación (N75).



"Tabla 3"



"Tabla 4"

3.3 Gestión del motor

La gran cantidad de sensores y actuadores del motor TSI hace que su gestión sea el punto más crítico de este motor. Bosch diseñó la unidad de control del motor Bosch MED 17.5.5 para poder gestionar con eficiencia y precisión el gran número de sensores y actuadores.

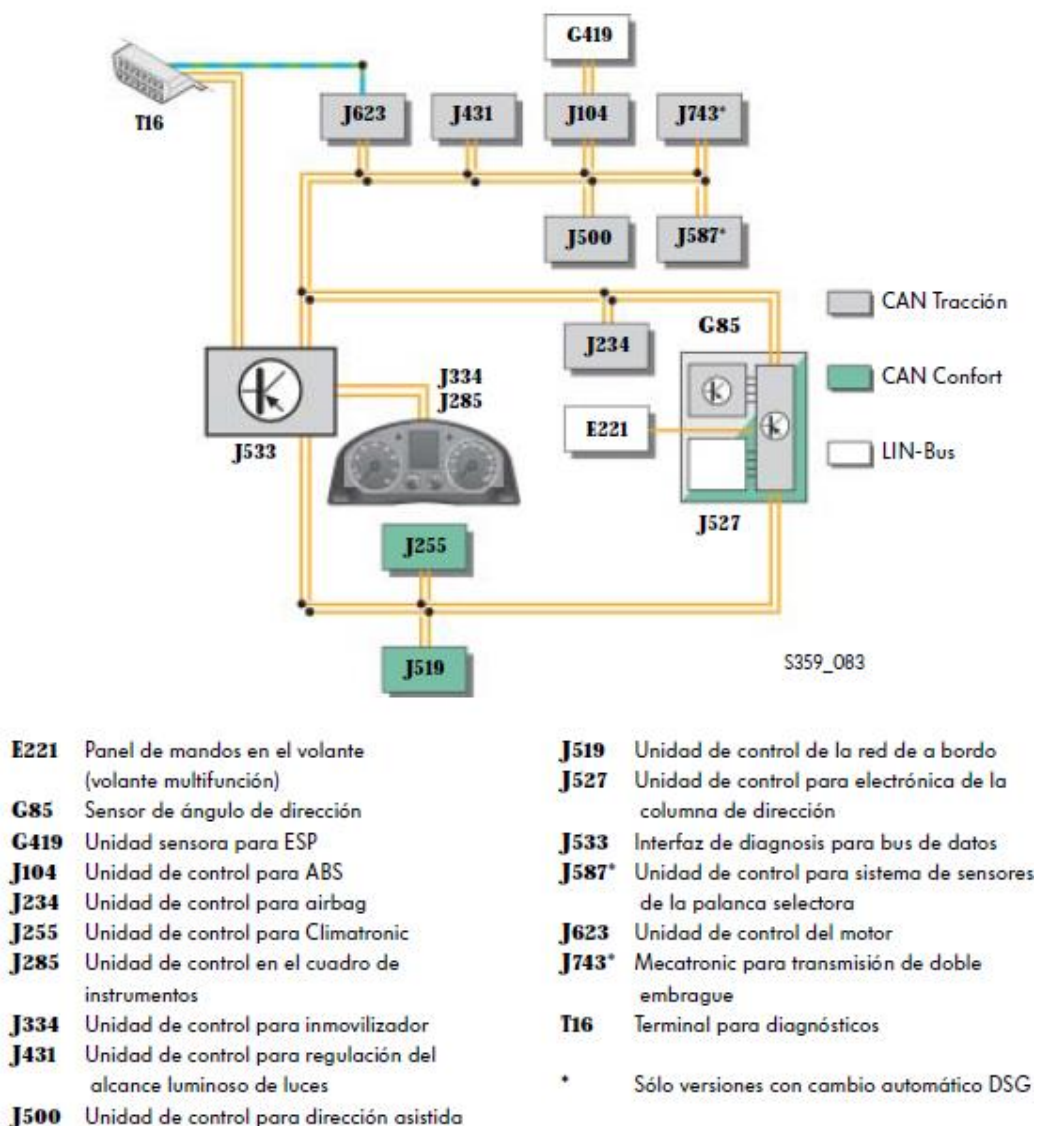
3.3.1 Unidad de control del motor J623

Dicha unidad se monta centrada en la caja de aguas. Es la misma que la que monta el motor 1.6 FSI pero con funciones adicionales como por ejemplo la regulación de la presión de sobrealimentación. Se encarga de recibir información de los

cuantiosos sensores y controlar la acción de los diferentes actuadores.

Posee además en la parte superior un sensor de presión exterior el cual está completamente integrado en la centralita.

La unidad está conectada a la red de CAN BUS y directamente a la toma de diagnosis mediante el protocolo K-LIN. Para crear la red del protocolo de CAN BUS es necesario la implantación de la interfaz de diagnosis para bus de datos que se encarga de gestionar la información que se transmite a través de BUS, como indica la siguiente figura:



"Figura 8"

El motor montado en el bastidor y en el cual estoy trabajando, carece de varios elementos que aparecen en dicho esquema. Esta carencia se debe o bien a que en el montaje del motor en el bastidor no fue necesario dicho componente para el arranque del motor, pero si son necesarios para el correcto funcionamiento del mismo o bien a que sencillamente varios elementos no son necesarios para el ensayo en un banco de pruebas. Por ejemplo, no posee la unidad de control para ABS ya que ni posee ruedas, ni frenos, ni sensores... carece de todo sistema relacionado con este sistema. Además carece del panel de mandos en el volante (E221), sensor del ángulo de dirección (G85), unidad sensora para ESP (G419), unidad de control para airbag (J234), unidad de control de climatronic (J255), unidad de control para inmovilizador (J334), unidad de control para regulación del alcance luminoso de luces (J431), unidad de control para dirección asistida (J500), unidad de control para electrónica de la columna de dirección (J527) y unidad de control para sistemas de sensores de la palanca selectora (J587).

La falta de todas estas unidades hace que el sistema posea una gran cantidad de fallos por falta de comunicación y falta de mensajes necesarios como por ejemplo para activar el compresor mecánico.

La controladora de CAN BUS Basic CAN 61 Plus de la marca alemana GOEPEL Electronic es capaz de crear una red simulada de bus para hacer "creer" a las centralitas existentes que las centralitas ausentes si están presentes.

En esto consiste mi trabajo fin de grado, en instalar y poner en marcha dicha controladora.

4. TECNOLOGIA bus CAN

El bus CAN (Controller Area Network) es un protocolo de comunicación en serie desarrollado por Bosch en los años 80 y estandarizado internacionalmente en 1994 a través de la norma ISO 11898 para el intercambio de información digital entre las unidades de control electrónico del automóvil. Además, y lo más importante de este protocolo, es asíncrono del tipo CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). CSMA significa que cada nodo de la red monitoriza el bus y si no detecta actividad puede enviar el mensaje y CD indica que si dos nodos están transmitiendo un mensaje, ambos detectan la colisión. El conflicto se resuelve mediante un método de arbitración basado en un identificador ID. El que menor número de identificador tenga tendrá más prioridad. [4]

Fue diseñado basándose en el mensaje y no en los usuarios, ya que los mensajes son recibidos por todos los usuarios de la red pero utilizados solo por los que los necesitan.

4.1 Puntos fuertes

- ✓ Priorización de mensajes.
- ✓ Arbitración de tramas para evitar colisiones.
- ✓ Transmisión en tiempo real emitiendo pequeñas cantidades de información a alta velocidad.

4.2 Carencias

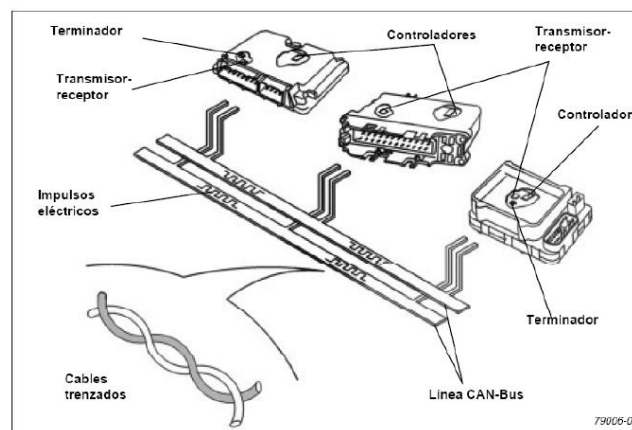
- Carencia de garantía de recibir un mensaje en un tiempo de latencia garantizado.
- Falta de orientación a un sistema fault tolerant capaz de ser usado en aplicaciones críticas como la tecnología X-by-Wire.

4.3 Ventajas

- ✓ Reducción considerable de la cantidad de cableado necesario.
- ✓ Reducción del coste del vehículo debido al ahorro del cableado y de elementos como sensores.
- ✓ Posibilidad de autodiagnóstico.
- ✓ Aumento de la velocidad de transmisión entre unidades de control.
- ✓ Aumento de las funciones de las unidades de control.
- ✓ Bajo porcentaje de errores debido a una verificación continua de la información transmitida por parte de las unidades de control.
- ✓ Fácil ampliación del protocolo de datos mediante software.
- ✓ Estándar normalizado a nivel mundial mediante la norma ISO 11898.

4.4 Componentes de la red can

Una red CAN está compuesta por la línea, los terminadores, el transmisor-receptor y los controladores. Las unidades de control las cuales están compuestas por controladores, un transmisor-receptor y/o un terminador se encuentran lo más cercanas a los actuadores o sensores que gobiernan. En una red de CAN es posible disponer de hasta 32 dispositivos conectados a la línea. En los vehículos se suele dividir en varios buses el sistema completo para mejorar la comunicación y la complejidad del sistema. [5]

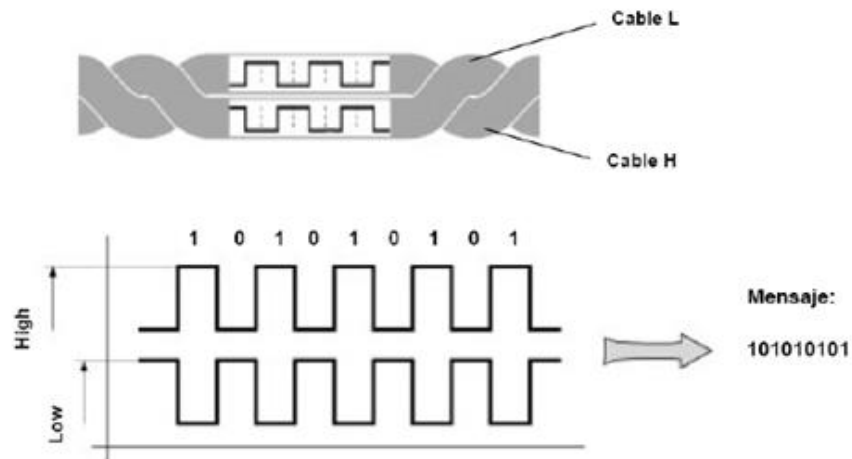


"Figura 9"

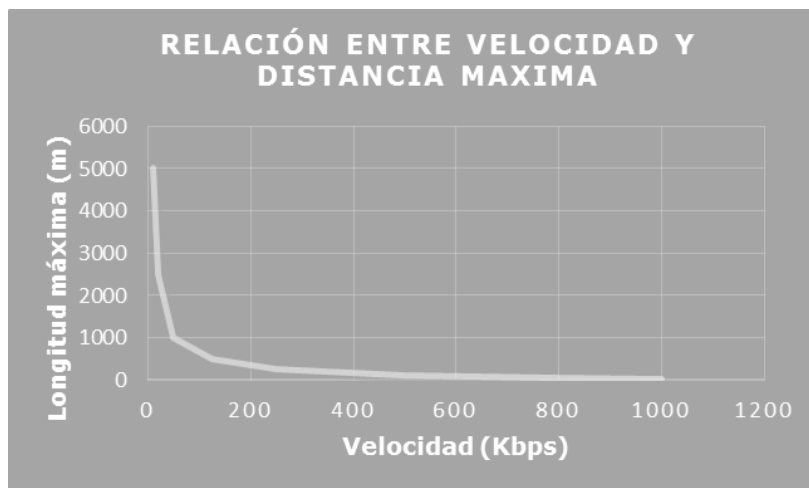
Los buses, según la norma ISO 11898, se clasifican en rápidos o lentos, según la velocidad de transmisión de datos. Los rápidos o High Speed poseen una velocidad superior a 125 Kbaudios y los lentos o Low Speed con una velocidad inferior a 125 Kbaudios. Para el sistema de confort se suele usar el tipo Low Speed y para la red de gestión del motor y caja de cambios el tipo High Speed.

En ambos tipos la red trabaja con altas frecuencias y mediante movimientos ondulatorios por lo que se dan fenómenos de resonancias, difracciones, interferencias... lo que implica realizar un estudio de la longitud, velocidad, valores a transmitir... del área donde se implantara el bus. Cualquier modificación en la arquitectura física como nuevos dispositivos, derivaciones... supondrá perturbaciones en el mensaje. [6]

La línea de bus son dos cables (Low y High) que forman la vía física por la que se comunican los dispositivos. La transmisión del mensaje se realiza por una diferencia de tensión entre los dos cables y no respecto a un valor de referencia de tensión. Así se consiguen evitar las perturbaciones ocasionadas en la línea debido a inducción electrostática o electromagnética entre líneas CAN adyacentes o de alimentación, además se trenzan los cables para cancelar los campos magnéticos exteriores inducidos en la línea ya que afecta a las dos líneas por igual y la diferencia de tensión no se ve alterada. Además en caso de rotura de uno de los cables se podría trabajar con solamente los niveles de tensión de uno de los cables.



"Figura 10"

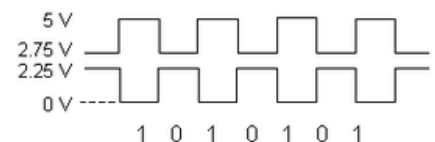


"Tabla 5"

El mensaje se transmite mediante impulsos eléctricos codificados:

bit	Cable Low	Cable High	Tensión diferencial
'0'	2,25V	2,75V	0,5V
'1'	0V	5V	5V

Tabla 1 Valores típicos de tensión en el bus CAN



"Tabla 6"

Los terminadores son resistencias eléctricas colocadas en los extremos de la línea CAN y evitan fenómenos de reflexión que afectan a los datos transmitidos a altas frecuencias y que la línea

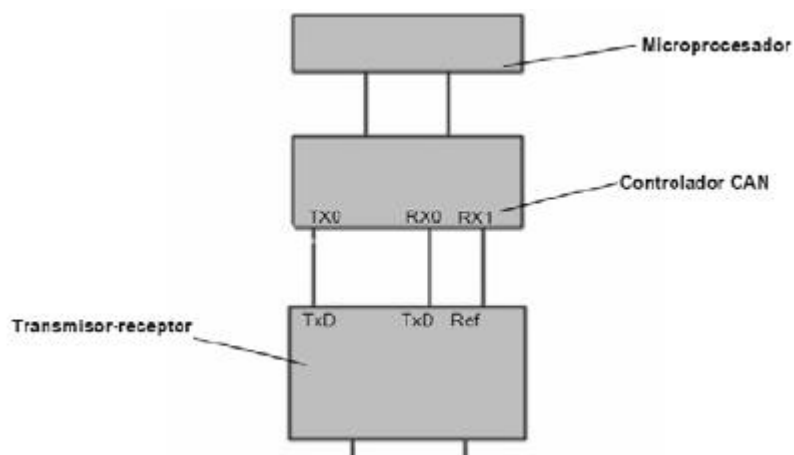
se convierta en una antena. El valor de dichas resistencias se calcula empíricamente pero normalmente suelen tener un valor de 120 Ohmios.



"Figura 11"

El transmisor-receptor es el encargado de preparar, recibir y transmitir datos a la línea de bus. Acondiciona los niveles de tensión para que sean adecuados para el controlador que los va a recibir en dicho proceso no modifica la secuencia lógica del mensaje.

El controlador gestiona los mensajes recibidos a través del bus, es decir, prepara los datos recibidos de la línea para pasarlos al microcontrolador de la unidad o recibe la información del microprocesador que hace falta enviar. Es el encargado de determinar la velocidad de transmisión de datos.



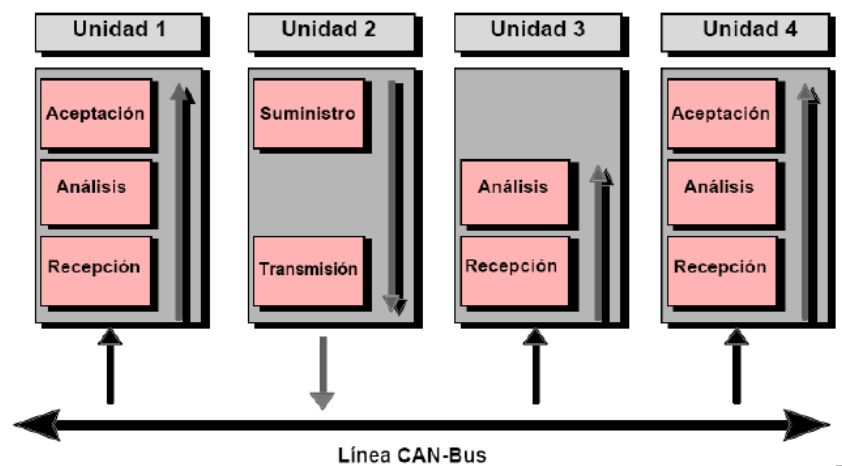
"Figura 12"

4.5 Funcionamiento

El bus CAN es un protocolo de comunicación en el que se vuelcan mensajes que son leídos por todas las unidades, pero solo será procesado por las unidades interesadas en su contenido. Cada mensaje contiene información sobre sus características, prioridad y procedencia.

4.5.1 Ciclo de transmisión

- 1 Suministro de datos: el microprocesador de la unidad de control proporciona los datos al controlador CAN y este los trata para generar el mensaje en formato CAN.
- 2 Transmisión del mensaje: el transmisor-receptor de la unidad recibe el mensaje del controlador y los vuelca a la línea de bus CAN.
- 3 Recepción del mensaje: todas las unidades conectadas a la red bus CAN leen el mensaje volcado.
- 4 Análisis del mensaje: las unidades analizan los datos del mensaje y determinan si son necesarios para la ejecución de sus funciones o no.
- 5 Aceptación del mensaje: la unidad de control que requieran de dicho mensaje procesan los datos y el resto de unidades los desprecian.

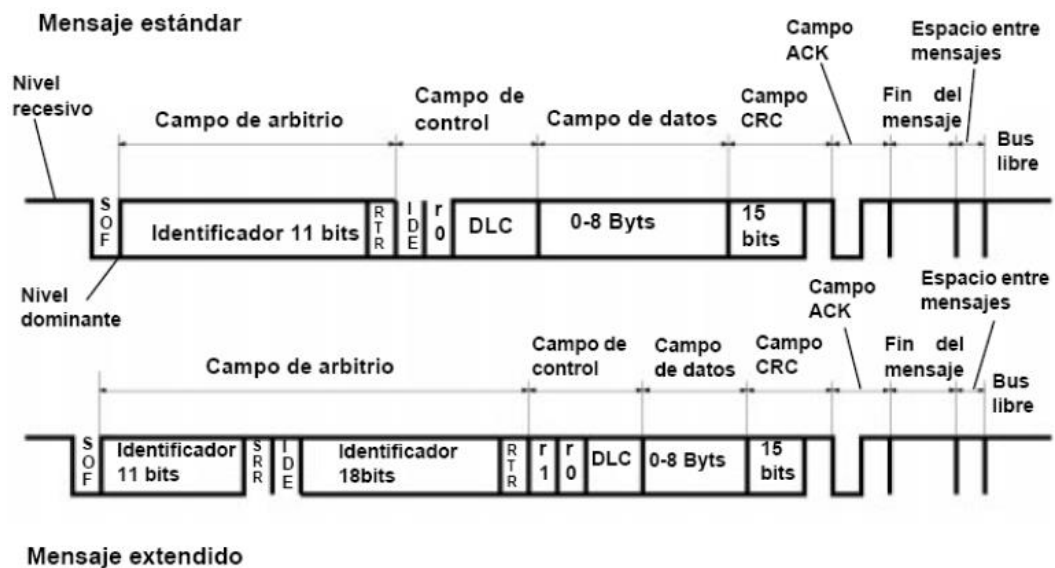


"Figura 13"

El mensaje contiene toda la información necesaria para realizar la comunicación entre unidades de control. Los mensajes son introducidos en la red con una cadencia que oscila entre 7 y 20 milisegundos dependiendo de la velocidad de la red y del módulo que lo introduce. [7]

Este protocolo soporta dos formatos de mensaje según la longitud del campo de arbitrio:

- Formato estándar: longitud de 11 bits
- Formato extendido: longitud de 29 bits



"Figura 14"

4.6 Tipos de tramas

Hay además 5 tipos de tramas:

- ❖ Trama de datos
- ❖ Trama remota
- ❖ Trama de error
- ❖ Espacio entre tramas
- ❖ Trama de sobrecarga

4.6.1 Trama de datos

Transmite información de un nodo a cualquiera de los restantes. Está formado por los siguientes campos:

- Campo de inicio: un bit dominante (Start Of Frame) marca el inicio del mensaje y sincroniza todas las unidades de control del vehículo conectadas a la red bus.
- Campo de arbitrio: está compuesto por el identificador del mensaje y el Remote Transmission Request (RTR). Mientras se envía este campo, el transmisor-receptor escucha la línea así comprueba si tiene autorización para transmitir o si hay otra unidad con una prioridad superior. El bit RTR indica si se transmite una estructura de datos con un bit dominante (0 lógico) u otra remota con un bit recesivo (sin campo de datos).
- Campo de control: contiene el bit IDE (Identifier Extension) que indicara si es formato extendido o estándar. El bit r0 reservado para futuras ampliaciones y el DLC (data length code) que indica, mediante 4 bits, el número de bytes que contiene el campo de datos.
- Campo de datos: contiene los datos que serán enviados. Puede alcanzar hasta 8 bytes de tamaño.
- Campo CRC: su finalidad es detectar erróneos con una longitud de 15 bits.
- Campo ACK: Compuesto por dos bits, el limitador ACK y el ACK slot el cual es enviado como un bit recesivo y sobrescrito con un bit dominante por los transmisores-receptores que han recibido los datos correctamente. Es una señal de acuse de recibo de todas las unidades que ha recibido el mensaje correctamente.
- Final del mensaje: está delimitado con una secuencia de 7 bits recesivos.
- Espacio entre mensajes: indica el mínimo número de bits que separan dos mensajes consecutivos distintos. Si no hay transmisión de alguna unidad la línea se mantiene libre.

4.6.2 Trama remota

Es una trama de datos pero con el bit RTR=1. Esta trama no incluye nunca datos. El identificador es el del mensaje que se solicita y la longitud es igual que la de ese mensaje.

4.6.3 Trama de error

Generadas por cualquier nodo que detecta un error en el bus. Contiene dos campos: delimitador de error, que consta de 8 bits recesivos consecutivos y permite a los módulos reiniciar la comunicación de nuevo tras el error y el indicador de error que varía según el tipo de error:

- Error activo: el modulo que ha detectado el error interrumpe la comunicación del mensaje en proceso generando un indicador de error activo mediante una secuencia de 6 bits dominantes sucesivos. De esta manera se rompe la regla de relleno de bits (la cual evita una secuencia sucesiva de más de 5 bits del mismo valor) y provocara la generación de nuevas tramas de error en otros módulos. Después del indicador de error se transmite el delimitador de error y se reinicia la comunicación.
- Error pasivo: en este caso el modulo que ha detectado el error envía 6 bits recesivos por lo que no afectara a otro modulo que este transmitiendo, a menos que el propio modulo detector sea el que este transmitiendo. En este caso el resto de módulos detecta la violación de las reglas de relleno y se transmiten a su vez tramas de error.

4.6.4 Espacio entre tramas

Es la encargada de separar las distintas tramas consecutivas. Ha de constar de al menos 3 bits recesivos.

4.6.5 Trama de sobrecarga

Generadas por nodos que necesitan más tiempo para procesar los mensajes ya recibidos. Tiene el mismo formato que una trama de error activo, solo que esta trama solo puede generarse

durante el espacio entre tramas. Consta del indicador de sobrecarga y el delimitador. El indicador consta de 6 bits dominantes y el delimitador por 8 bits recesivos.

Se generan debido a que algún módulo no está listo para recibir mensajes y así retrasar el envío del mensaje. Como mucho cada módulo puede enviar dos tramas de sobrecarga consecutivas.

4.7 Priorización del mensaje

La manera de priorizar los mensajes se basan en el identificador, el cual indica el orden de transmisión de los mensajes en el bus cuando coinciden dos o más al mismo tiempo. En cuanto se queda libre la línea todas las unidades que lo deseen empiezan a transmitir pudiendo coincidir con otras unidades. El conflicto se resuelve mediante un arbitraje de bits no destructivo (NRZ) usando los identificadores de los mensajes. Un bit dominante (0 lógico) sobrescribe un bit recesivo (1 lógico), en el momento en que hay un conflicto, perderán el acceso al bus las unidades que transmiten un bit recesivo cuando aparece un bit dominante.

Durante el arbitraje todos los transmisores comparan el nivel del bit transmitido con el nivel del bus. Si los niveles son iguales (mismo nivel de tensión) la unidad sigue transmitiendo, pero si son distintos la unidad con el bit recesivo deja de transmitir.

A continuación se explica el método de arbitraje mediante el siguiente ejemplo:

	ID	SOF	Identificador ID										
			10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
Mensaje UCE 1	410H	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Mensaje UCE 2	520H	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Mensaje UCE 3	300H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bus CAN	300H	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0

"Tabla 7"

En este ejemplo se ve claramente como después de iniciar la comunicación con el bit dominante Start Of Frame, el mensaje

de la UCE 1 y la UCE 2 pierden toda prioridad respecto a la UCE 3 debido a que en la comparación la UCE con el bit dominante es la UCE 3 y es esta la que sigue escribiendo su trama completa. Las otras dos se dedican a escuchar manteniéndose a la espera hasta que la línea quede libre. Por matizar, si solo hubiesen querido transmitir un mensaje la UCE 1 y la UCE 2, al comparar dichos identificadores en el bit 8 la UCE 2 pierde el derecho a seguir escribiendo y queda a la espera, mientras la UCE 1 se pone a transmitir.

En definitiva, es un mecanismo de escritura y comparación. A la vez que cada UCE cuelga en el bus su identificador se va quedando a la escucha sin escribir en cuanto un bit dominante de otra UCE se superpone a un bit recesivo que ha enviado.

5. GOEPEL ELECTRONIC

GOEPEL electronic es una empresa creada en 1992 y ubicada en la población alemana de Jena, a escasos 100 km al suroeste de Leipzig. Es una empresa pionera en innovación referida a componentes para realizar test eléctricos y electrónicos.

Diseñan y producen dispositivos para realizar test en el mundo de la automoción, particularmente en el mundo de los bancos de ensayos. Gracias a estas características y al consejo de los técnicos de VOLKSWAGEN Navarra la Universidad se decantó por comprar la controladora BasicCAN 61 PLUS para realizar y alcanzar los objetivos mencionados anteriormente. [8]



"Figura 15"

5.1 BASICAN 61 PLUS

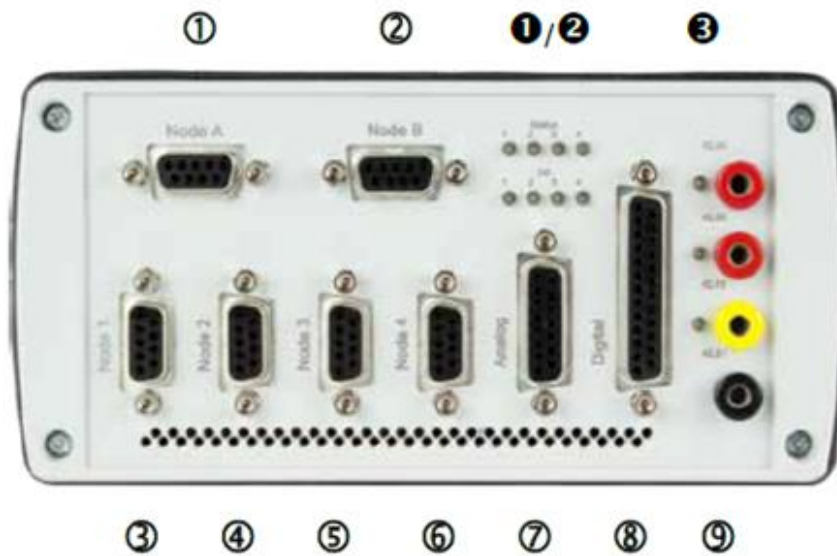
BasicCAN 61 Plus es un dispositivo independiente basado en la comunicación mediante USB y Ethernet a través del PC. Fue desarrollado para aplicaciones complejas en sistemas de bancos de ensayos. Es una controladora de comunicación programable capaz de integrarse en una red CANBUS de un vehículo. Para ello la controladora, previamente programada y con la instalación de los diferentes archivos necesarios para el reconocimiento de las diferentes Unidades Electrónicas de Control, es capaz de acoplarse a la red y funcionar como una ECU más. Lee el resto

de ECUs conectadas y es capaz de simular señales previamente programadas.

Las marcas de automóvil, en especial VOLKSWAGEN, utilizan estos dispositivos para acoplarlos a los motores que están siendo estudiados en los bancos de ensayos. En estos ensayos hay muchas partes que no están instaladas, como por ejemplo, las ruedas, la palanca de marchas, la caja de cambios... esto hace que el sistema posea ciertos fallos y ausencia de señales con los que no se puede trabajar correctamente con el motor. Así esta controladora es capaz de resolver dicha situación con el software adecuado. [9]



"Figura 16"



- ① Nodo A → Flexray node 1
- ② Nodo B → Flexray node 2 or CAN 5, 6
- ① LED's status 1,2,3,4
- ② LED's estado de las salidas digitales 1, 2, 3,4
- ③ LED's de alimentación 1, 2,3
- ③ Nodo 1 → CAN 1
- ④ Nodo 2 → CAN 2
- ⑤ Nodo 3 → CAN 3, LIN o K-Line
- ⑥ Nodo 4 → CAN 4, LIN o K-Line
- ⑦ Entradas y salidas analógicas
- ⑧ Entradas y salidas digitales
- ⑨ Salidas auxiliares de alimentación

"Figura 17"



- ① Conexión Ethernet
- ② Conexión USB 2.0
- ③ Conexión de alimentación de entrada
- ④ Fuente de alimentación externa (rojo – positivo, negro – negativo)

"Figura 18"

5.1.1 Status Led's

La siguiente tabla muestra que significa cada estado de los LED's indicadores:

LED 1	LED 2	LED 3	LED 4	Remarks
Permanently ON				Controller does not run (error!)
Alternately blinking				Bootloader software runs
	blinking			Firmware runs
ON (shortly)				State during execution of a Firmware command on the OnBoard interfaces 1..4
			ON	Ethernet connection established

"Tabla 8"

5.1.2 Asignación de Pines

Las siguientes tablas muestran la asignación de pines de los diferentes Nodos de entrada, salida, CAN, LIN, Flexray...:

- Pines asignados a los nodos 1 y 2 para el protocolo CAN (opcional 3 y 4)(Conector del tipo D-SUB 9 hembra):

Pin	Signal	Pin	Signal
1	R _{low} -CAN_L	6	Not used
2	CAN_L	7	CAN_H
3	GND _{ISO}	8	R _{low} -CAN_H
4	Not used	9	UBAT _{ext}
5	Not used		

"Tabla 9"

- Pines asignados al nodo B para el protocolo CAN (Tipo de conector D-SUB 9 hembra):

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Not used	6	Not used
2	CAN5_L	7	CAN5_H
3	GND _{ISO}	8	CAN6_H
4	CAN6_L	9	Not used
5	Not used		

"Tabla 10"

- Pines asignados al nodo 3 y 4 para el protocolo LIN (Tipo de conector D-SUB 9 hembra):

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Not used	6	Not used
2	Not used	7	LIN
3	GND _{ISO}	8	Not used
4	Not used	9	UBAT _{ext}
5	Not used		

"Tabla 11"

- Pines asignados al nodo A y B para el protocolo Flexray (Tipo de conector D-SUB 9 hembra):

Pin	Signal	Pin	Signal
1	Not used	6	Not used
2	FlexRayA_BM	7	FlexRayA_BP
3	GND _{ISO}	8	FlexRayB_BP
4	FlexRayB_BM	9	Not used
5	Not used		

"Tabla 12"

- Pines asignados entradas y salidas analógicas (Tipo D-SUB 15 hembra):

Pin	Signal	Pin	Signal
1	ANALOG_IN1	9	ANALOG_IN2
2	ANALOG_IN3	10	ANALOG_IN4
3	ANALOG_IN5	11	ANALOG_IN6
4	GND _{ISO}	12	ANALOG_OUT1
5	ANALOG_OUT2	13	ANALOG_OUT3
6	ANALOG_OUT4	14	ANALOG_OUT5
7	ANALOG_OUT6	15	UEXT _{IO}
8	GND _{ISO}		

"Tabla 13"

- Pines asignados a las entradas y salidas digitales (Tipo D-SUB 25 hembra):

Pin	Signal	Pin	Signal
1	DIGITAL_IN1	14	DIGITAL_IN2
2	DIGITAL_IN3	15	DIGITAL_IN4
3	DIGITAL_IN5	16	DIGITAL_IN6
4	DIGITAL_IN7	17	DIGITAL_IN8
5	GND _{ISO}	18	DIGITAL_OUT1
6	DIGITAL_OUT2	19	DIGITAL_OUT3
7	DIGITAL_OUT4	20	DIGITAL_OUT5
8	DIGITAL_OUT6	21	DIGITAL_OUT7
9	DIGITAL_OUT8	22	GND _{ISO}
10	Not used	23	Not used
11	Not used	24	Not used
12	GND _{ISO}	25	UEXT _{IO}
13	GND _{ISO}		

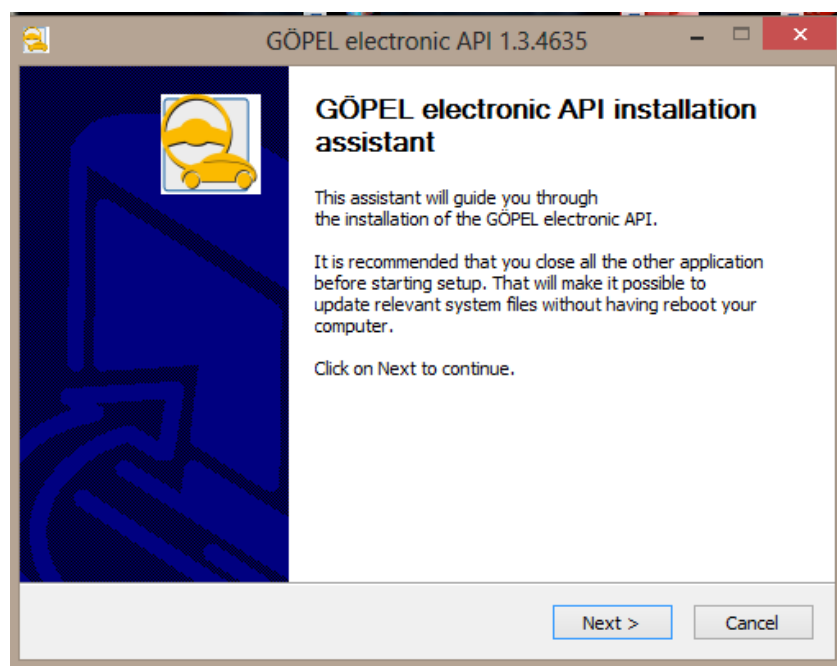
"Tabla 14"

6. INSTALACION DEL PROGRAMA

6.1 Hardware Explorer

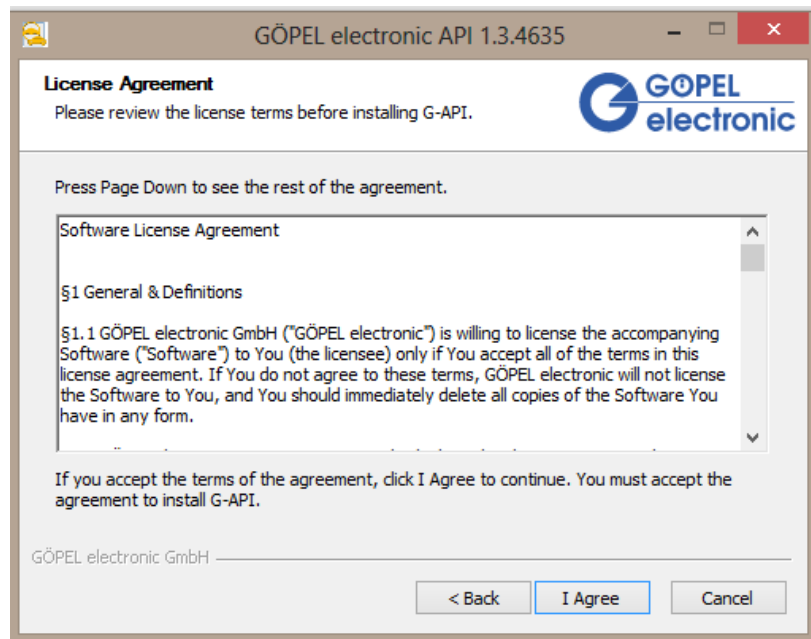
Para poder gestionar y mantener una comunicación CANBUS mediante la controladora BasicCAN61 Plus es necesario que el PC pueda gestionar el hardware de la controladora, esto se consigue con el programa HARDWARE EXPLORER proporcionado por la marca alemana GOEPEL ELECTRONICS.[9]

- 1- El primer paso es iniciar el icono de instalación. Ejecutamos el siguiente instalador: C:\CD BASICCAN PLUS 61\G-API\g-api-Setup-1.3.4635.exe y pinchamos en Next:



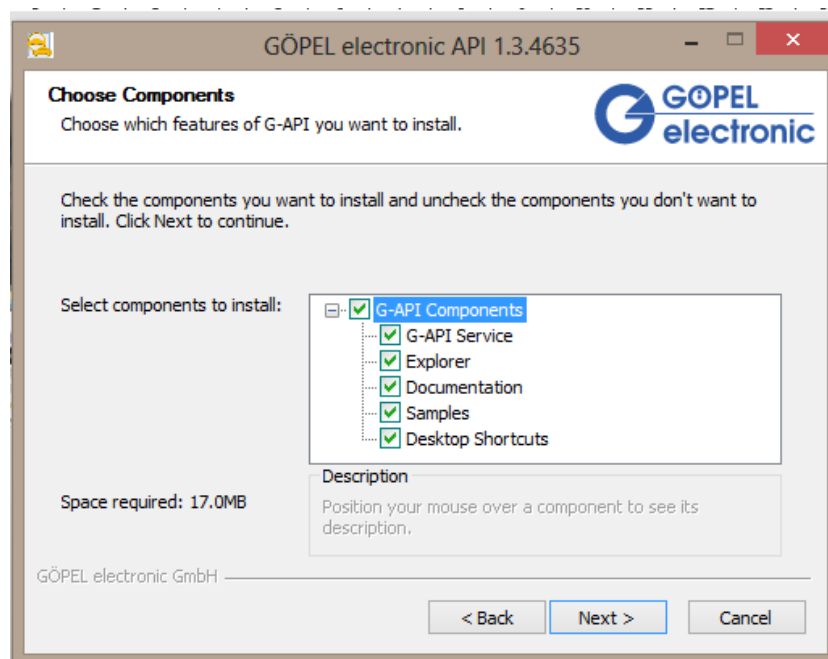
"Figura 19"

2- Aceptamos los términos y condiciones de Uso:



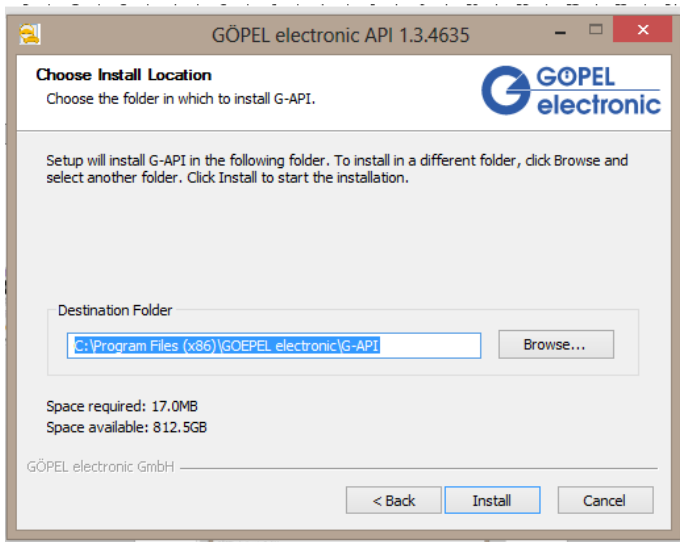
"Figura 20"

3- Seleccionamos todos los componentes a instalar:

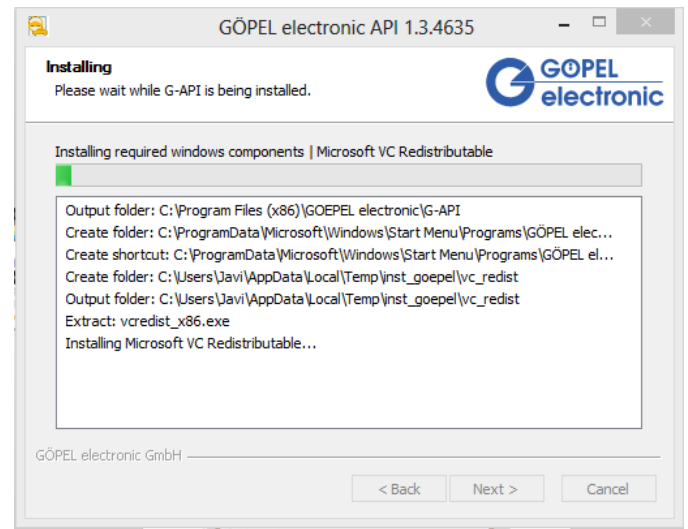


"Figura 21"

- 4- Escogemos la ubicación que aparece por defecto e iniciamos el proceso de instalación:

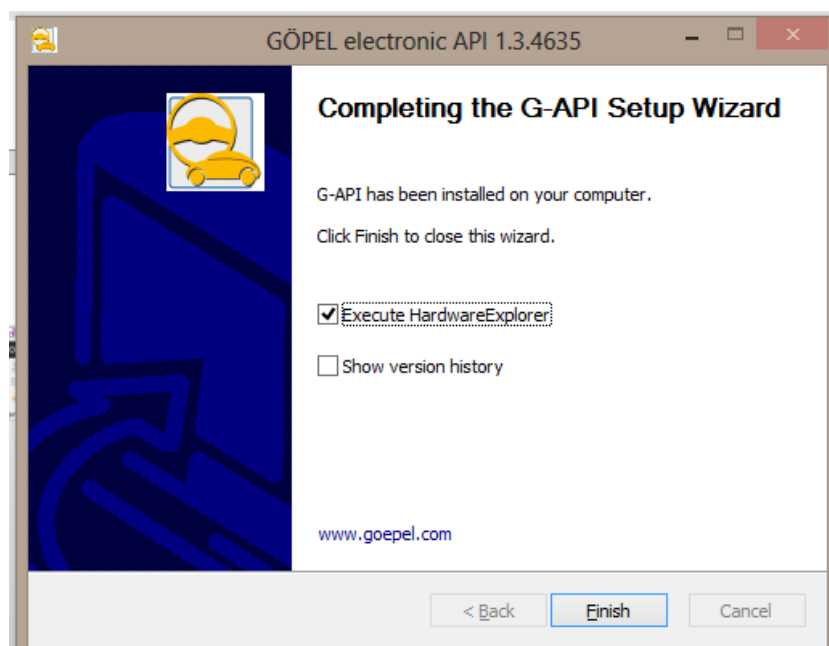


"Figura 22"



"Figura 23"

- 5- Ahora ya tenemos instalado el programa HARDWARE EXPLORER:

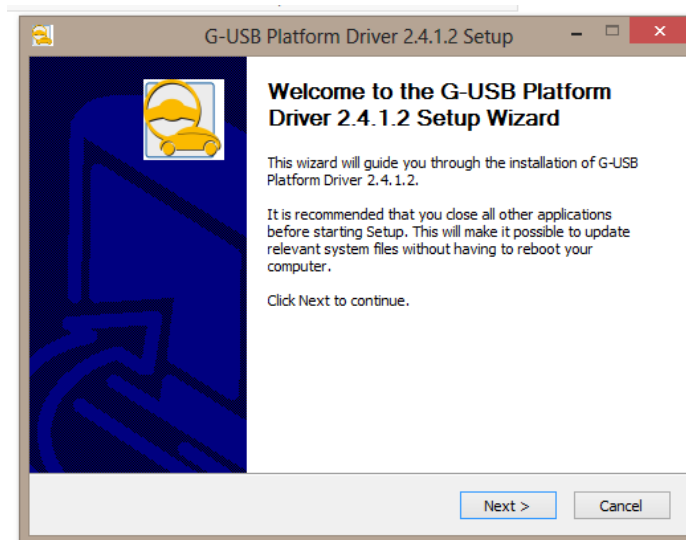


"Figura 24"

6.2 Driver USB

Para que el PC pueda reconocer el dispositivo BasicCAN 61 Plus a través de la conexión USB es necesario instalar dicho driver proporcionado por la marca alemana GÖPEL ELECTRONICS. [9]

- 1- El primer paso es iniciar el icono de instalación. Ejecutamos el siguiente instalador: C:\ CD BASICCAN PLUS 61 \GUSB_Platform\ Driver\G-USB-Setup-2.4.1.2.exe (ejecutar como administrador) y pinchamos en Next:



"Figura 25"

- 2- Aceptamos los términos y condiciones de Uso:



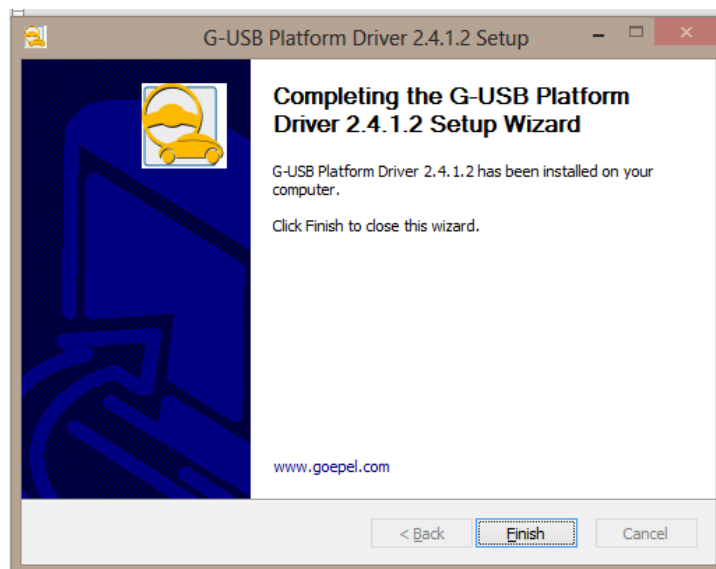
"Figura 26"

3- Instalamos el programa:



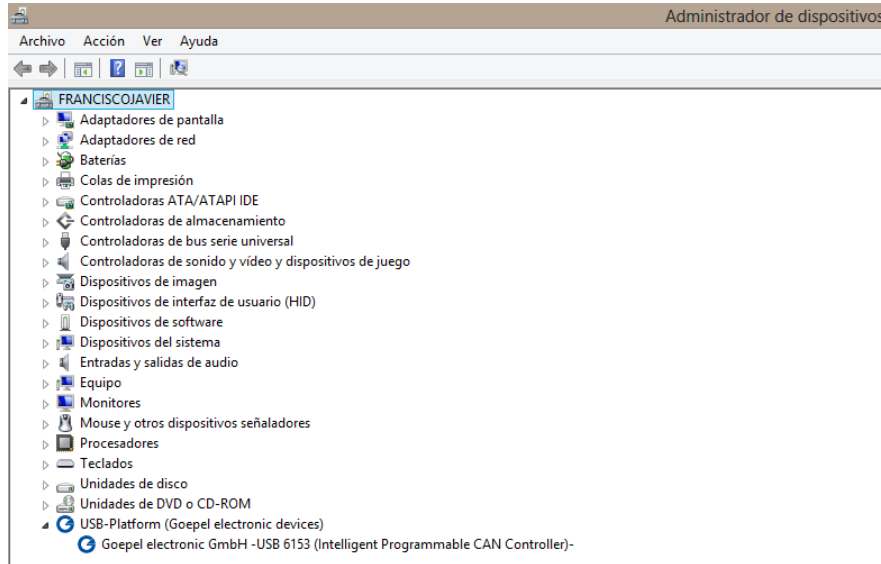
"Figura 27"

4- Ahora ya tenemos instalado el Driver USB:



"Figura 28"

En la siguiente imagen se observa como el dispositivo es reconocido por el ordenador:

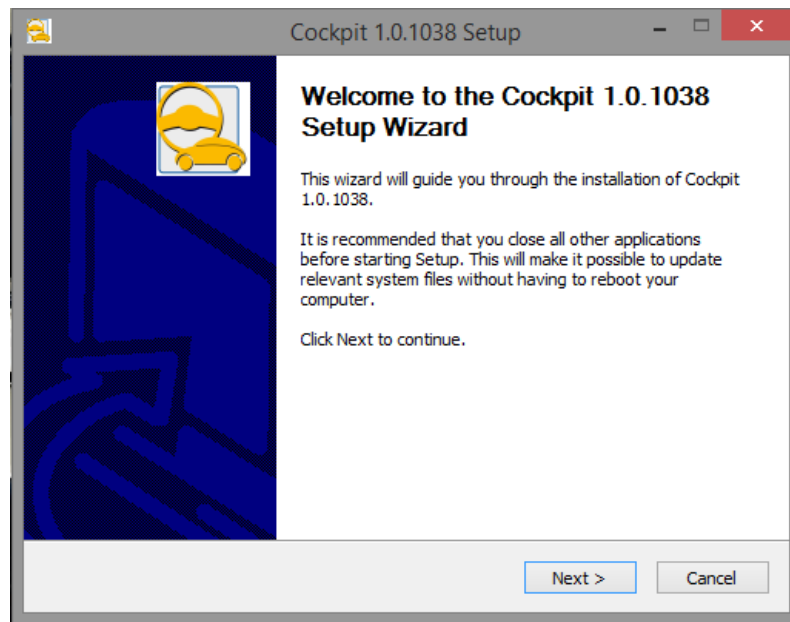


"Figura 29"

6.3 Cockpit ag Volkswagen

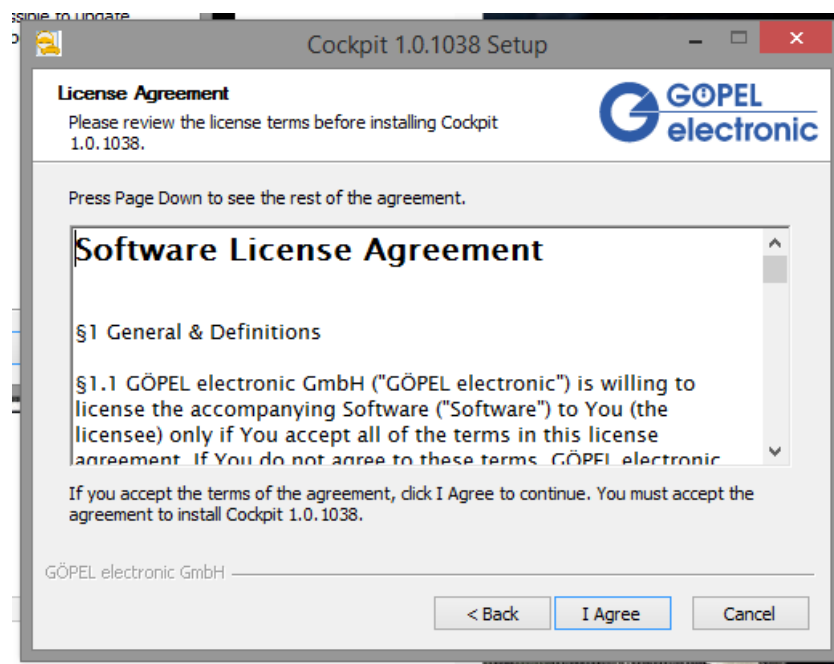
Para poder gestionar los diferentes programas de simulación de la red de CANBUS y el funcionamiento de la controladora, se debe instalar el programa Cockpit ag Volkswagen proporcionado por la marca alemana GOEPEL ELECTRONICS y desarrollado en conjunto con Volkswagen.

- 1- El primer paso es iniciar el icono de instalación. Ejecutamos el siguiente instalador: y pinchamos en Next:



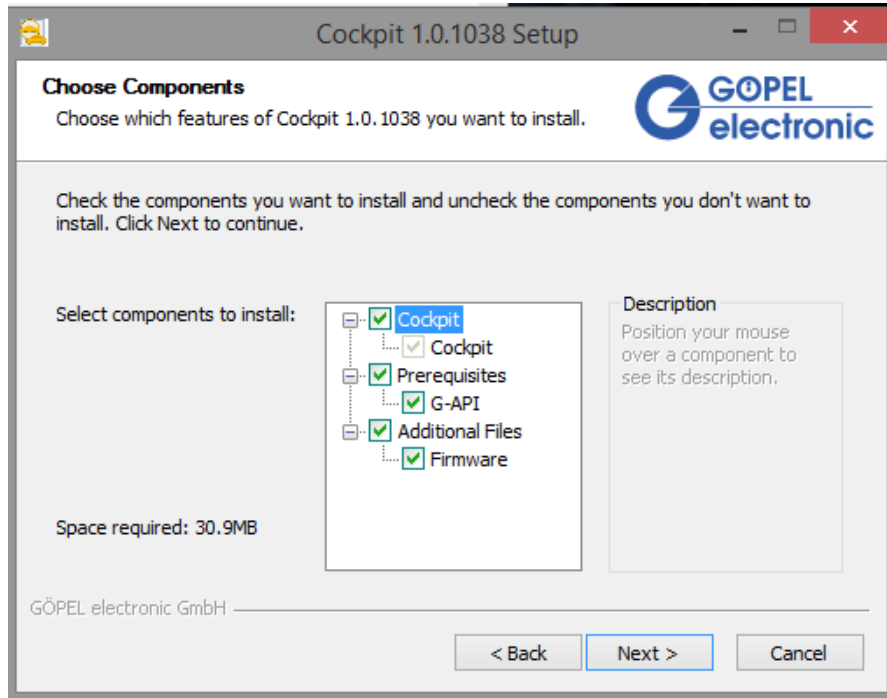
"Figura 30"

2- Aceptamos los términos y condiciones de Uso:



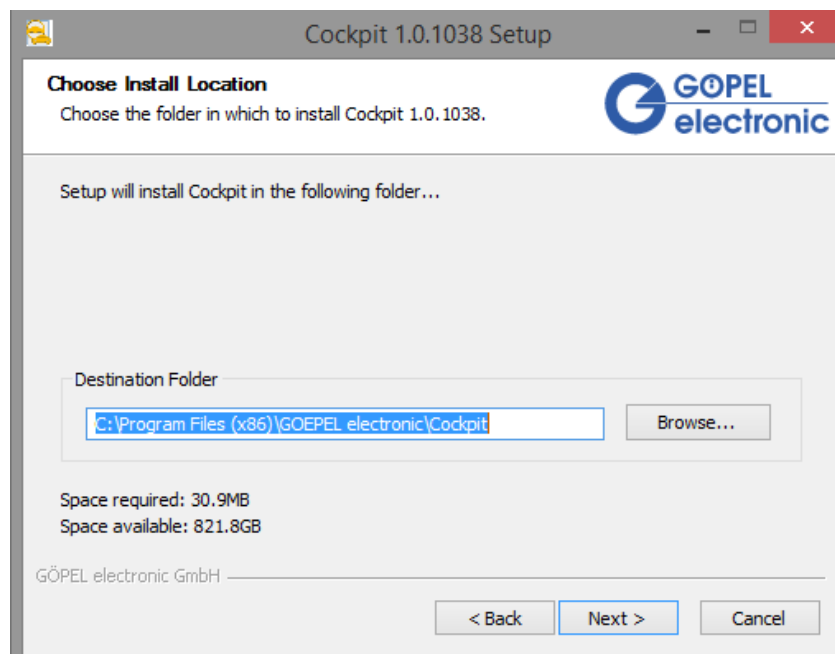
"Figura 31"

3- Seleccionamos todos los componentes a instalar:



"Figura 32"

4- Escogemos la ubicación que aparece por defecto e iniciamos el proceso de instalación:



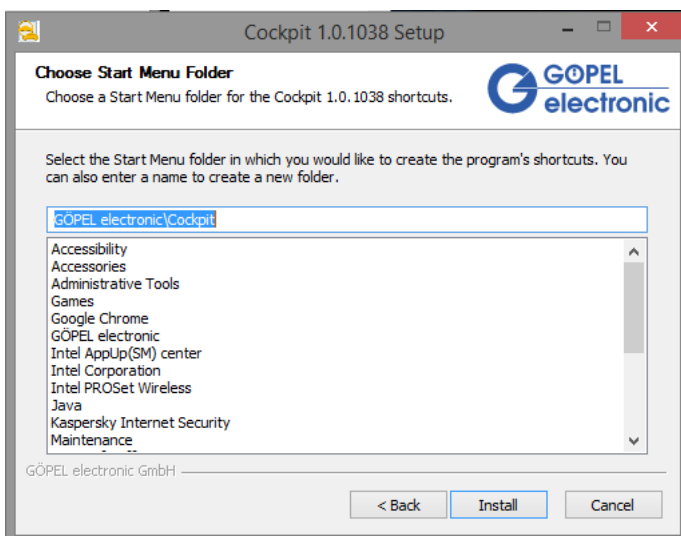
"Figura 33"

- 5- A continuación nos pide el nombre del grupo de trabajo de Windows. Para no tener problemas de compatibilidad con el administrador del grupo, primero escribiremos un nombre cualquiera y más tarde los borraremos. Aun dejando el espacio en blanco seguirá habiendo problemas de administrador.

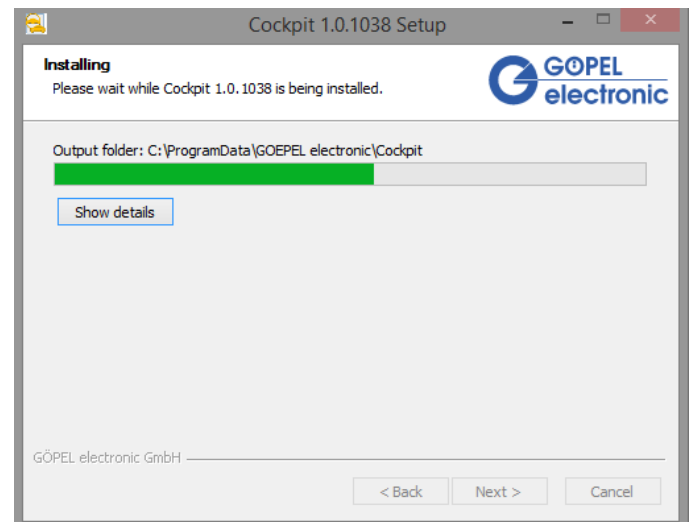


"Figura 34"

Por ultimo pinchamos en el botón Install:

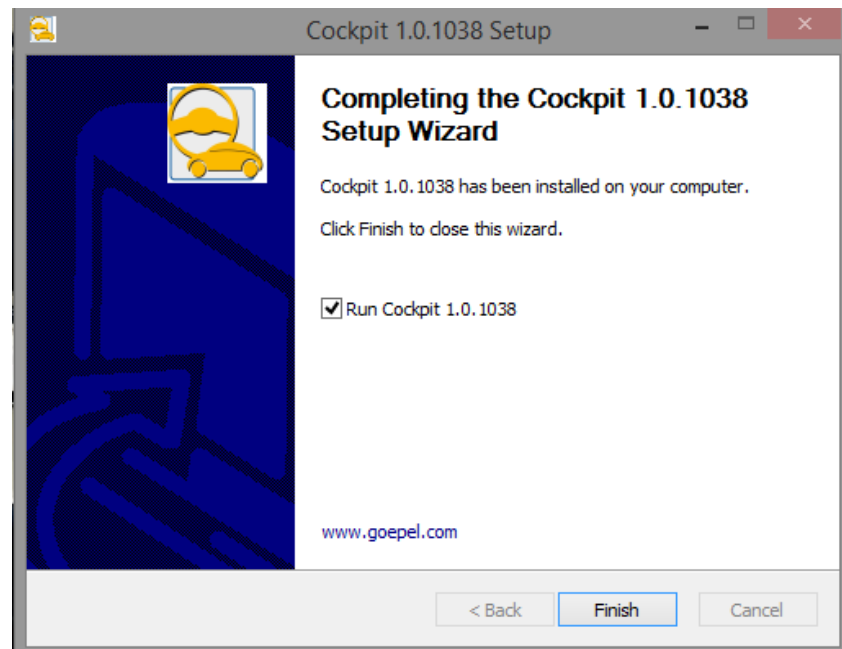


"Figura 35"



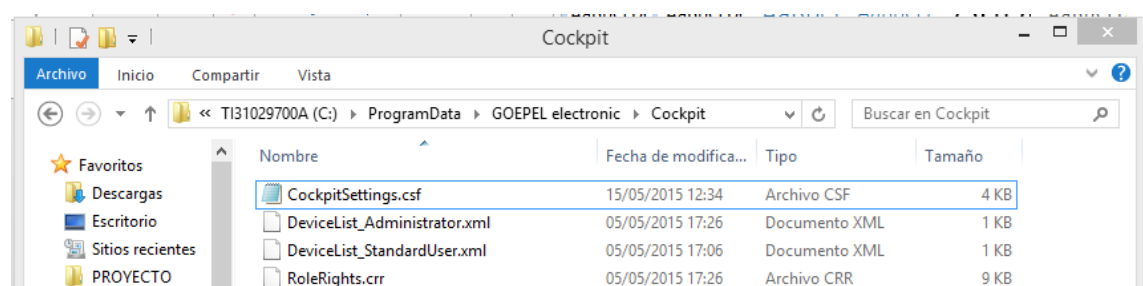
"Figura 36"

6- Ahora ya tenemos instalado el programa Cockpit:



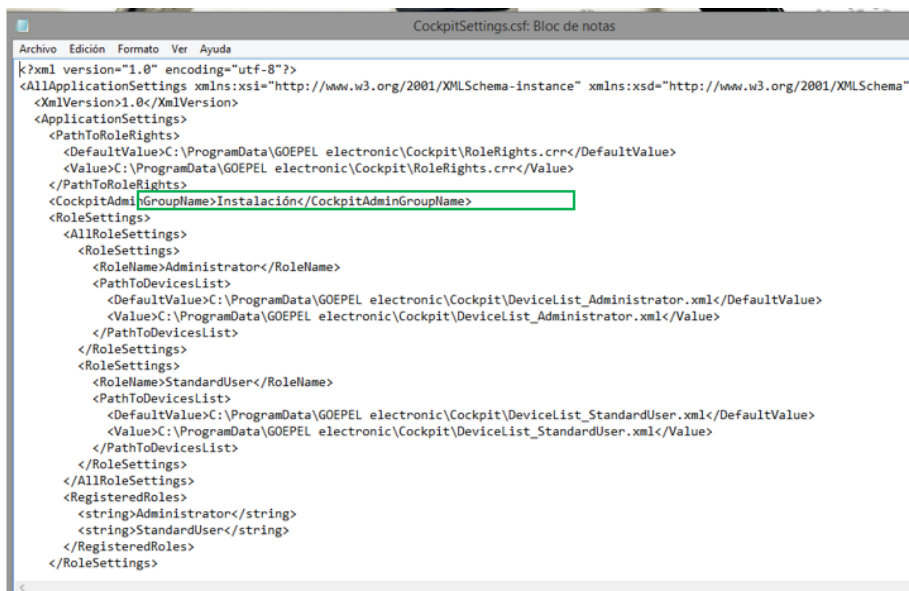
"Figura 37"

7- Por ultimo toca realizar varios cambios en la programación interna del programa para que no haya problemas de compatibilidad con el administrador del ordenador. Abrimos la carpeta Cockpit a través de la carpeta ProgramData la cual, seguramente, este oculta en el disco duro del ordenador y abrimos el archivo CockpitSttings.csf con el bloc de notas:



"Figura 38"

- 8- Buscamos entre la programación el nombre del grupo del administrador, Instalación, en nuestro caso y lo borramos:



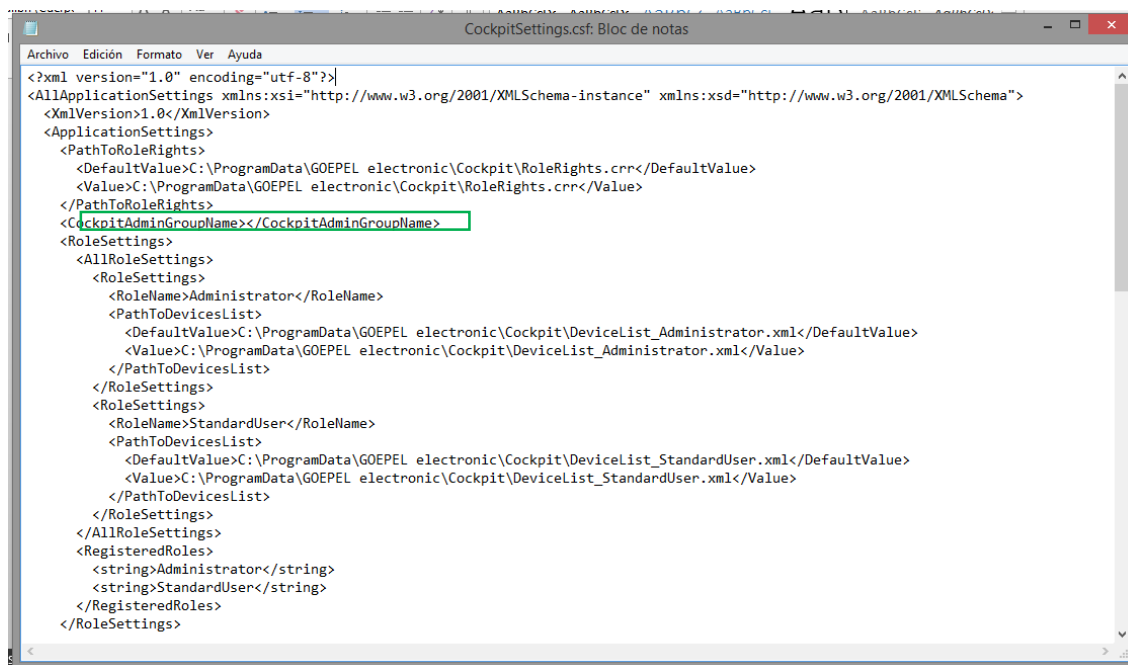
```

Archivo Edición Formato Ver Ayuda
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<AllApplicationSettings xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <XmlVersion>1.0</XmlVersion>
  <ApplicationSettings>
    <PathToRoleRights>
      <DefaultValue>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\RoleRights.crr</DefaultValue>
      <Value>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\RoleRights.crr</Value>
    </PathToRoleRights>
    <CockpitAdminGroupName>Instalación</CockpitAdminGroupName>
    <RoleSettings>
      <AllRoleSettings>
        <RoleSettings>
          <RoleName>Administrator</RoleName>
          <PathToDevicesList>
            <DefaultValue>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_Administrator.xml</DefaultValue>
            <Value>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_Administrator.xml</Value>
          </PathToDevicesList>
        </RoleSettings>
        <RoleSettings>
          <RoleName>StandardUser</RoleName>
          <PathToDevicesList>
            <DefaultValue>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_StandardUser.xml</DefaultValue>
            <Value>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_StandardUser.xml</Value>
          </PathToDevicesList>
        </RoleSettings>
      </AllRoleSettings>
      <RegisteredRoles>
        <string>Administrator</string>
        <string>StandardUser</string>
      </RegisteredRoles>
    </RoleSettings>
  </ApplicationSettings>
</AllApplicationSettings>

```

"Figura 39"

- 9- Eliminados la parte entre los antilambdas (<...>) y ya estaría terminada la instalación:



```

Archivo Edición Formato Ver Ayuda
<?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
<AllApplicationSettings xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
  <XmlVersion>1.0</XmlVersion>
  <ApplicationSettings>
    <PathToRoleRights>
      <DefaultValue>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\RoleRights.crr</DefaultValue>
      <Value>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\RoleRights.crr</Value>
    </PathToRoleRights>
    <CockpitAdminGroupName></CockpitAdminGroupName>
    <RoleSettings>
      <AllRoleSettings>
        <RoleSettings>
          <RoleName>Administrator</RoleName>
          <PathToDevicesList>
            <DefaultValue>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_Administrator.xml</DefaultValue>
            <Value>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_Administrator.xml</Value>
          </PathToDevicesList>
        </RoleSettings>
        <RoleSettings>
          <RoleName>StandardUser</RoleName>
          <PathToDevicesList>
            <DefaultValue>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_StandardUser.xml</DefaultValue>
            <Value>C:\ProgramData\GOEPEL electronic\Cockpit\DeviceList_StandardUser.xml</Value>
          </PathToDevicesList>
        </RoleSettings>
      </AllRoleSettings>
      <RegisteredRoles>
        <string>Administrator</string>
        <string>StandardUser</string>
      </RegisteredRoles>
    </RoleSettings>
  </ApplicationSettings>
</AllApplicationSettings>

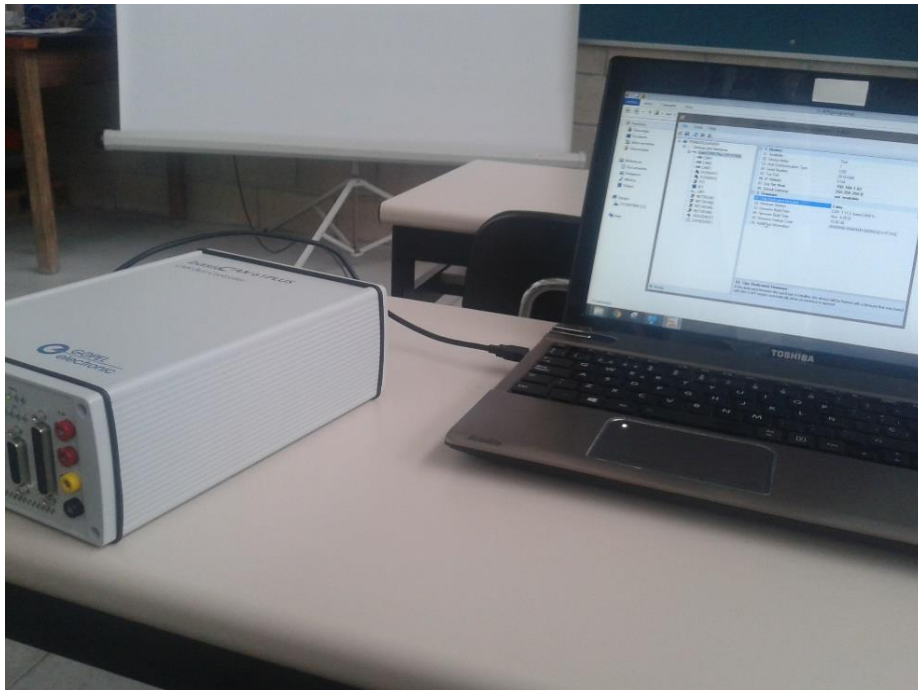
```

"Figura 40"

7. CONEXIÓN ENTRE LA CONTROLADORA Y EL MOTOR

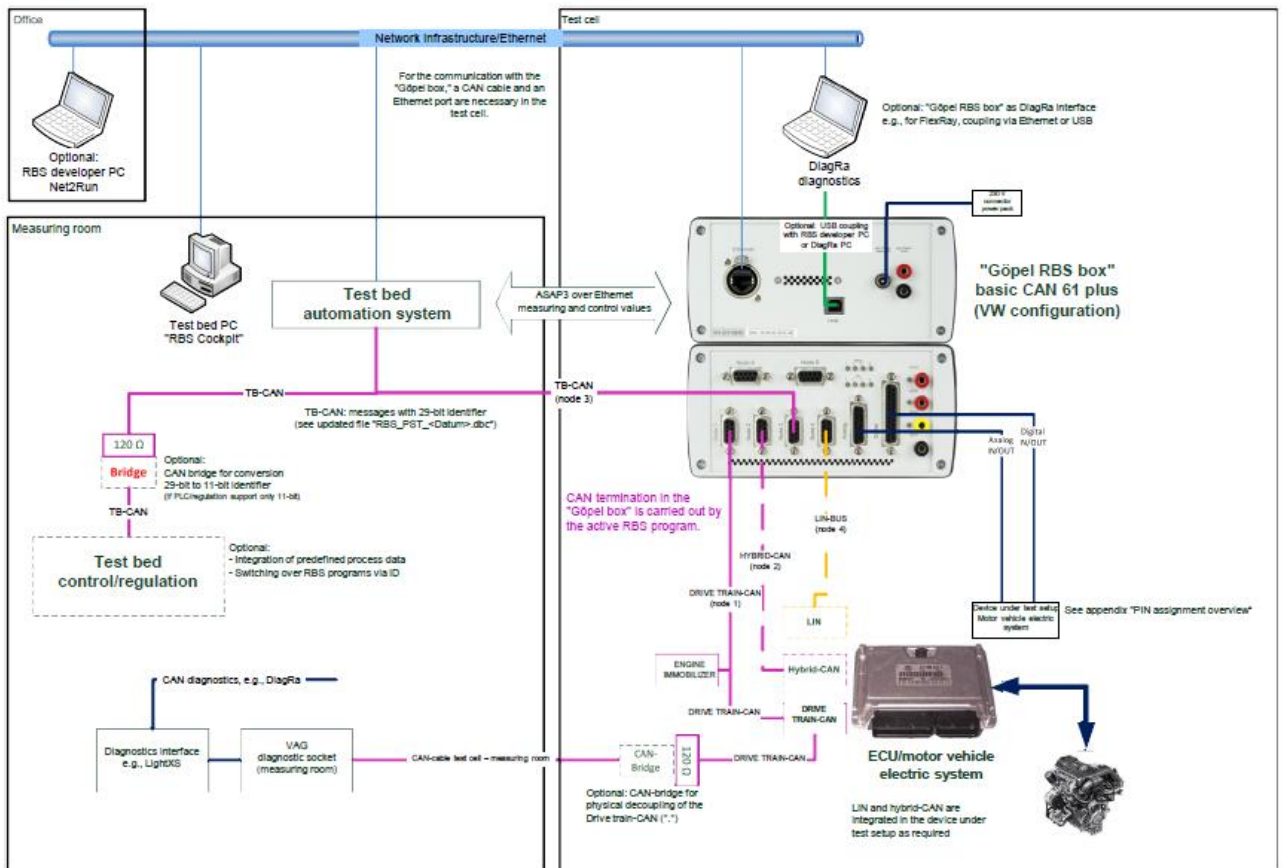
Para establecer la conexión CANBus entre la controladora y la unidad electrónica del motor (ECU) se deben conectar físicamente mediante un cable que permita la transmisión de datos mediante el protocolo CANBus.

Como muestra la siguiente imagen y teniendo en cuenta nuestras intenciones de primero montar el equipo fuera del banco de ensayos, las conexiones necesarias serian la existente entre el ordenador y el BasicCAN 61 Plus a través de un cable USB y la conexión entre el motor y el BasicCAN 61 Plus mediante un cable que tendremos que fabricar.



"Figura 41"

Engine with CAN - schematic diagram



"Figura 42"

La conexión al motor se realiza mediante el conector de la diagnosis de Volkswagen y conectándolo directamente al Nodo 1 de la controladora.



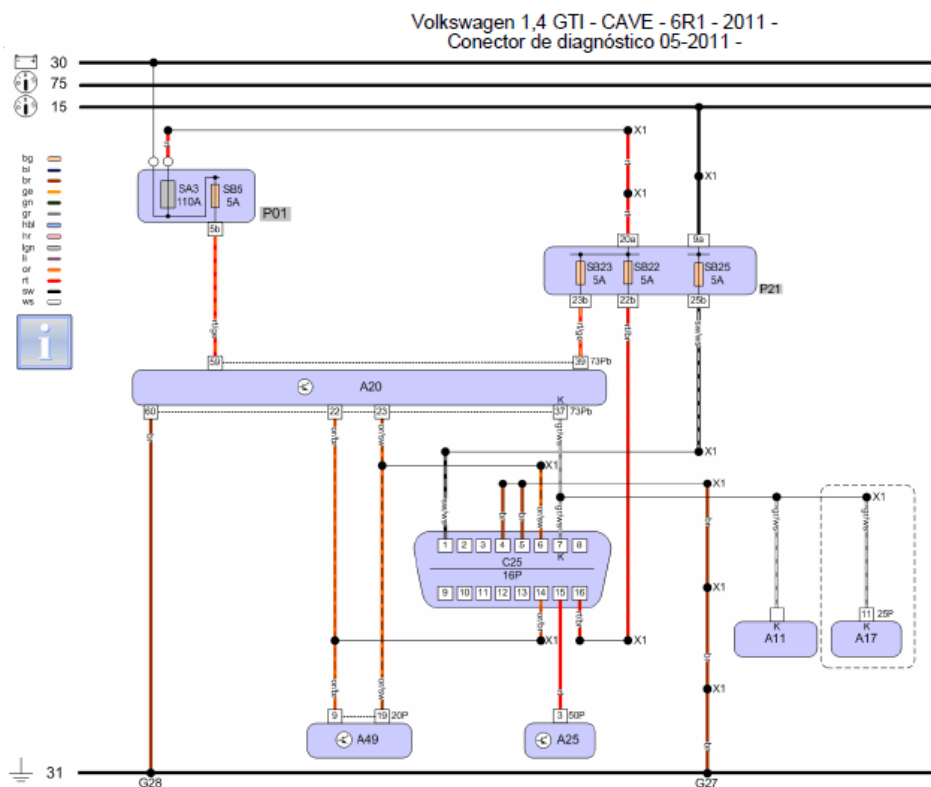
"Figura 43"



"Figura 44"

Las imágenes muestran que el conector es del tipo OBD2 hembra.

La siguiente imagen muestra el esquema eléctrico de la conexión
OBD2 de un motor Volkswagen 1.4 GTI:

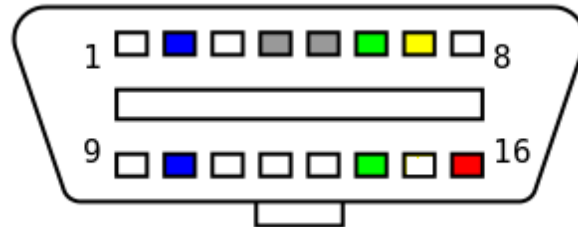


"Figura 45"

Unidades de control	
A11	Unidad de control del motor
A17	Unidad de control de la transmisión automática
A20	Unidad de control
A25	Unidad de control del airbag
A49	Módulo de interfaz CAN-bus
Conectores	
C25	Conector EOBD
Fusibles	
110A	Maxi-fusible 110A
5A	Fusible 5A
Conexiones a masa	
G27	Conexión a masa en la palanca de cambios
G28	Conexión a masa detrás del cuadro de instrumentos, parte central
Cajas de fusibles / relés e instrumentos	
P01	Caja de fusibles del vano motor
P21	Caja de fusibles del habitáculo
Conexiones	
X1	Conexión
Cable superior e inferior	
15	Encendido conectado - 15
30	Tensión de la batería - 30
31	Masa - 31
75	Encendido conectado - motor apagado - 75

"Tabla 15"

Después de estudiar el esquema e investigar en la norma ISO 11898, en la cual se estandarizo el sistema CANBUS, la asignación de pines en este conector OBD2 hembra es el siguiente:



"Figura 46"

2 → Line positive

4 → Chassis ground

5 → Signal ground
Voltage

6 → CAN_High

7 → K-Line

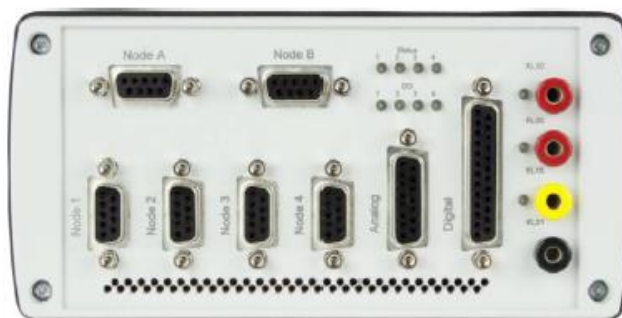
10 → Line negative

14 → CAN_Low

16 → Battery

Como se observó en la descripción de BasicCAN61 Plus, el Nodo 1, encargado de la comunicación CAN es del tipo D-SUB 9 (RS-232) hembra con la siguiente asignación de pines:

PIN-Belegung Göpel-Box „basicCAN61plus“ (VW Konfiguration)



"Figura 47"

Node 1, 2, 3: CAN
Node 4: LIN
Node A, B: Flexray

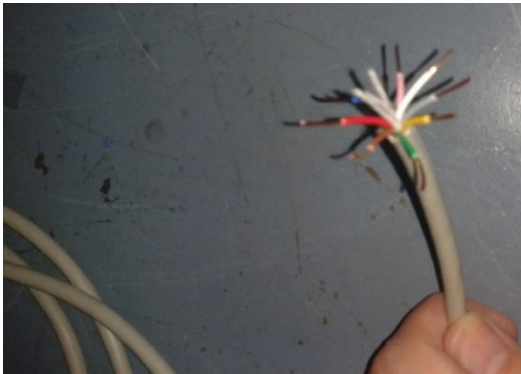
PIN	Belegung SUB-D 9 pol. CAN	Belegung SUB-D 9 pol. Flexray	Belegung SUB-D 9 pol. LIN
1	n.c.	n.c.	n.c.
2	CAN low (CAN-)	Flexray A (low)	n.c.
3	Ground	Ground	Ground
4	n.c.	Flexray B (low)	n.c.
5	n.c.	n.c.	n.c.
6	n.c.	n.c.	n.c.
7	CAN high (CAN+)	Flexray A (high)	LIN
8	n.c.	Flexray B (high)	n.c.
9	n.c.	n.c.	n.c.

"Tabla 16"



"Figura 48"

Después de tener asignados los pines a los conectores hembra es hora de asignarlos a nuestro cable el cual estará formado por un cable UTP 5 de 8 hilos, un conector macho OBD2 y otro conector macho D-SUB 9. Además vamos a instalar en la caja de protección del conector OBD2 un conmutador para que podamos escoger con qué tipo de conexión queremos trabajar, o con el protocolo CAN o con el protocolo K-LINE:



"Figura 49"



"Figura 50"



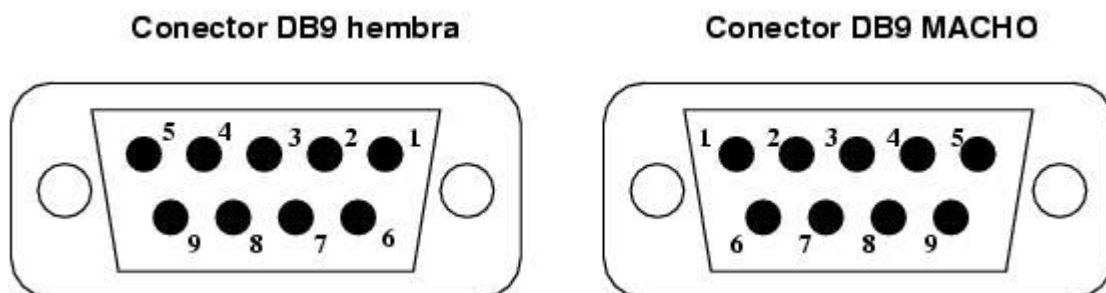
"Figura 51"



"Figura 52"

Para la asignación de pines en los conectores macho se invierten los números de contacto y ya estarían definidos los pines:

7.1 Conexión D-SUB 9



"Figura 53"

Con esto los pines del conector D-SUB 9 macho quedan del siguiente modo:

2 → CAN_Low

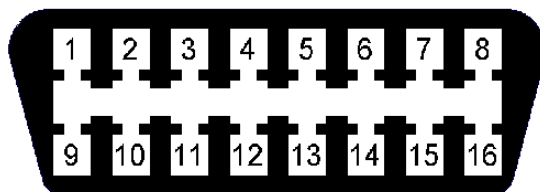
3 → Ground

7 → CAN_High / K-LIN

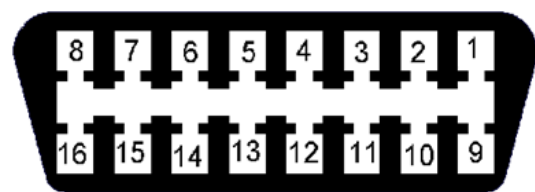
9 → Battery Voltage

7.2 Conexión OBD2

CONECTOR OBD 2 HEMBRA



CONECTOR OBD2 MACHO



"Figura 54"

Con esto los pines del conector OBD 2 macho quedan del siguiente modo:

4,5 → Ground

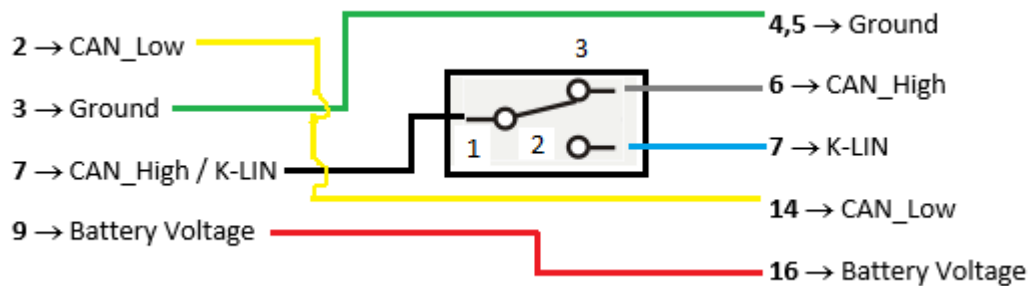
6 → CAN_High

7 → K-LIN

14 → CAN_Low

16 → Battery Voltage

El esquema de conexiones con el código de colores de los cables es el siguiente:

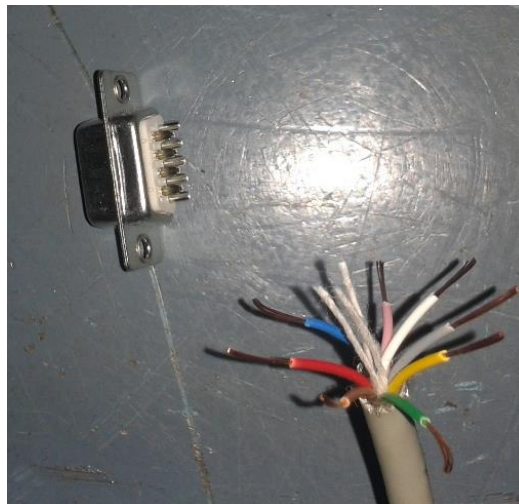


"Figura 55"

Nota: El cable negro en la realidad es blanco.

7.3 Fabricación y montaje

1- El primer paso es pelar los cables de un extremo:



"Figura 56"

2- Después de realizar la soldadura con estaño este es el resultado:



"Figura 57"

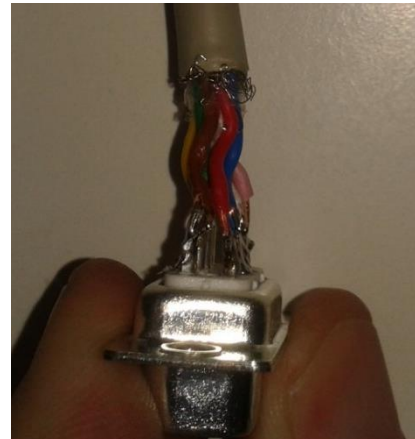


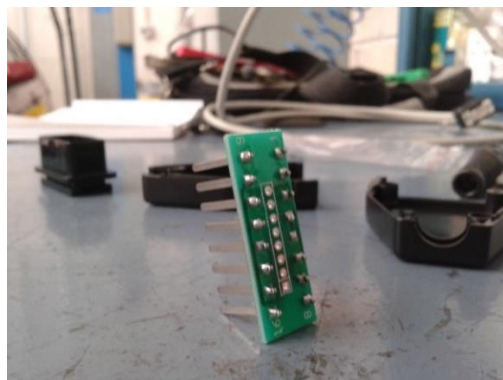
Figura 58"

3- Finalmente montamos la carcasa para proteger las soldaduras:



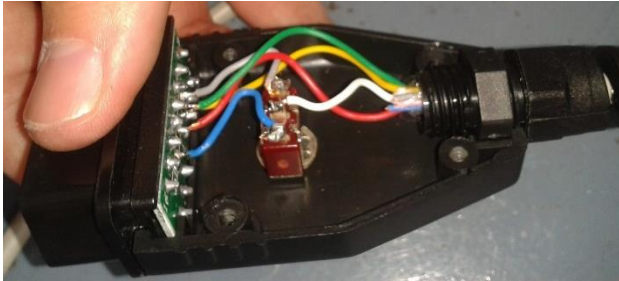
"Figura 59"

4- A continuación realizamos los mismos pasos con el conector OBD2. En este caso el conector tiene unos orificios numerados los cuales están conectados a través de un circuito impreso a los diferentes pines. Lo cual facilita la soldadura:

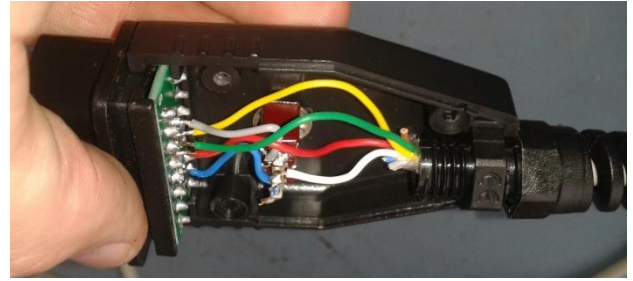


"Figura 60"

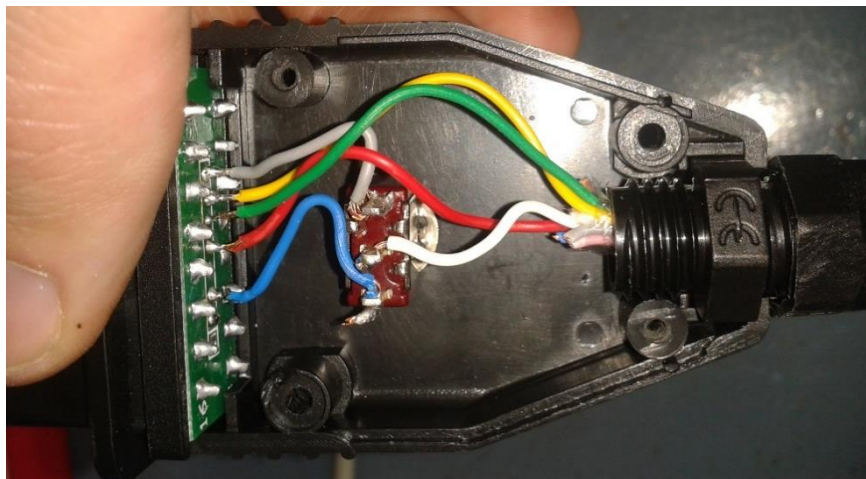
- 5- Después de realizar la soldadura con el conmutador en el interior de la carcasa este es el resultado:



"Figura 61"



"Figura 62"



"Figura 63"

- 6- Finalizamos colocando la carcasa e indicando en una cinta adhesiva que posición del conmutador corresponde a cada protocolo:



"Figura 64"



"Figura 65"

7.4 Resultado final



"Figura 66"



"Figura 67"

8. MANEJO DEL PROGRAMA

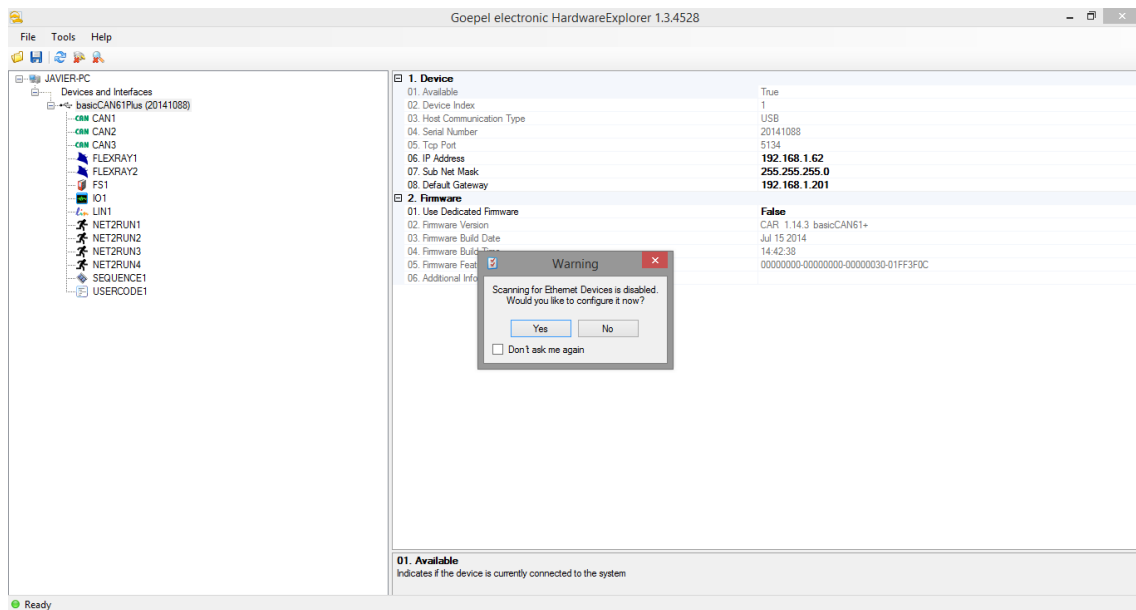
8.1 Hardware explorer

El programa Hardware Explorer desarrollado por la compañía Goepel Electronics fue diseñado para manejar la conexión entre el ordenador y la controladora de CANBUS.

Dicha conexión se puede realizar mediante dos maneras:

- Mediante cable Ethernet o red local: Para ello basta con conectar la controladora con un cable UTP categoría 5 al puerto Ethernet del ordenador y el propio programa Hardware Explorer te asigna la dirección IP a la controladora.
- Mediante cable USB: para poder funcionar de esta manera, previamente hay que instalar el Driver USB para que el ordenador pueda reconocer la controladora. Después de esto basta con conectarlos entre sí con el cable USB y el ordenador reconocerá la controladora y podrá ser configurada mediante el ordenador.
- ❖ Escogí el segundo tipo de conexión para no perder la conexión a internet a través del cable UTP.

Al ejecutar el programa nos pregunta si queremos cambiar la configuración de la dirección IP que el programa le ha dado a la controladora por si hubiese algún conflicto de direcciones.

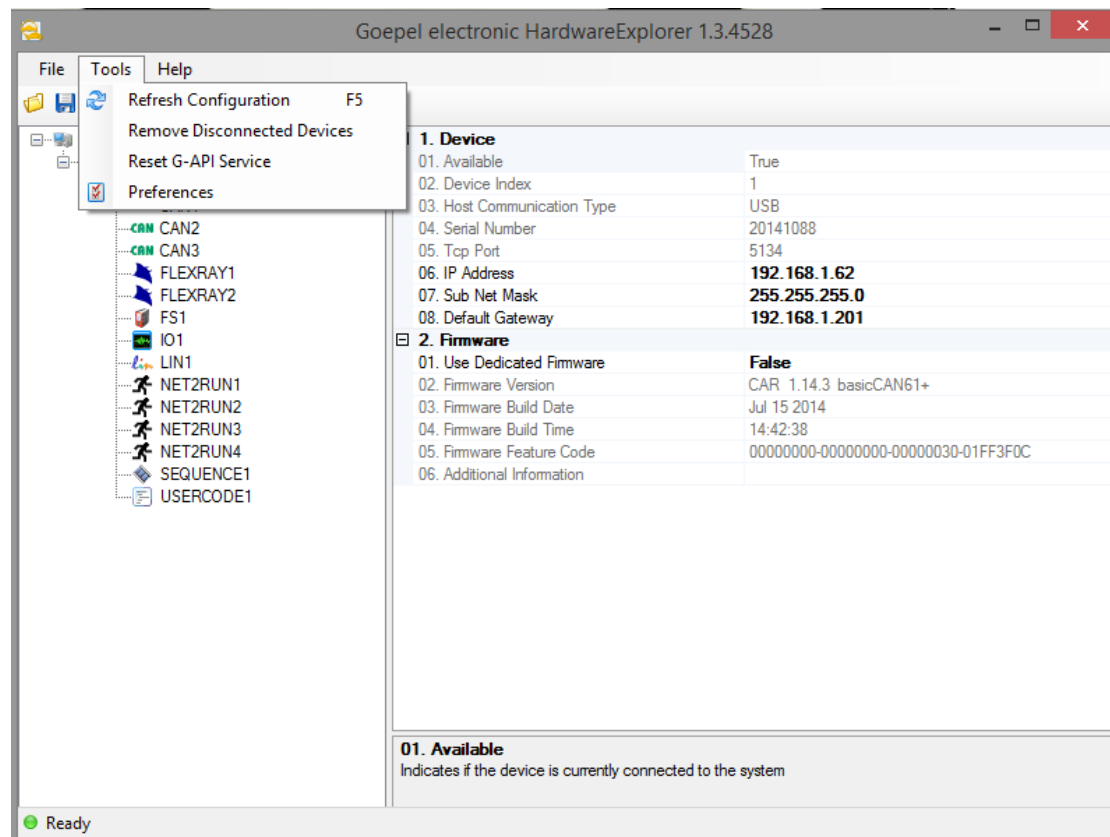


"Figura 68"

La interfaz es muy sencilla. En la parte superior encontramos un estilo parecido a cualquier programa de Windows. Una pestaña de archivo, otra de herramientas y la de ayuda. Además de poseer varios iconos de acceso rápido como apertura de un nuevo archivo, guardado del archivo actual, actualizar la ventana, ocultar dispositivos no conectados y eliminar dispositivos no conectados.

En la pestaña tools encontramos varios accesos rápidos de los que he hablado anteriormente y la pestaña preferences que nos permitirá cambiar la dirección IP de la misma manera de la que nos propuso el programa nada más arrancarlo.

En el lateral derecho nos aparecen las diferentes características y parámetros que podemos modificar de cada propiedad del dispositivo. Desde esta ventana también se puede cambiar la dirección IP, así como habilitar o deshabilitar las diferentes propiedades del dispositivo.

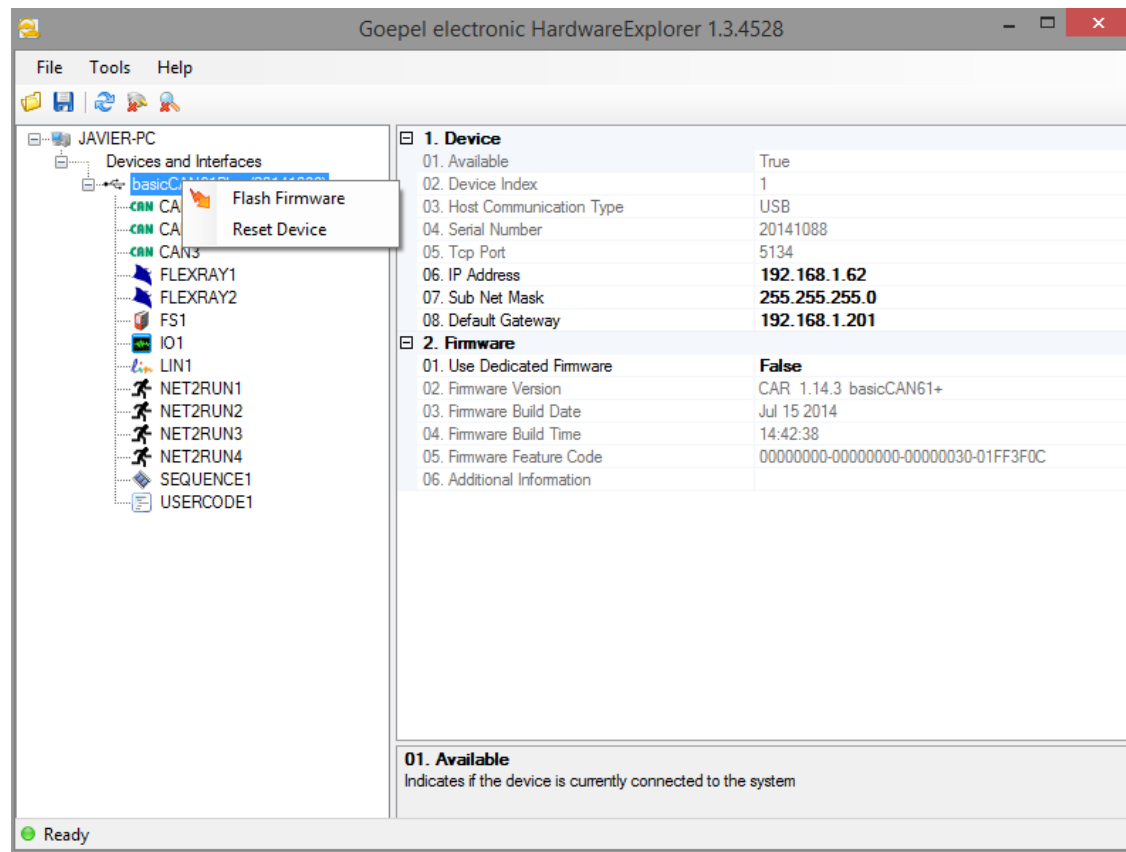


"Figura 69"

En el lateral izquierdo encontramos una ventana de navegación en la que veremos todos los dispositivos conectados al ordenador, la manera en que está conectado, bien por Ethernet o USB y las diferentes características del dispositivo.

Al pulsar con el botón derecho sobre el dispositivo nos aparecen otras dos funciones con las que podremos cargar un programa firmware en el dispositivo y resetear el dispositivo en caso de que el dispositivo deje de funcionar correctamente o no responda.

Para que el dispositivo esté conectado y en funcionamiento debe aparecer el nombre del dispositivo y con letra clara y no difuminada, ya que si fuese lo contrario habría algún problema de alimentación o conexión.



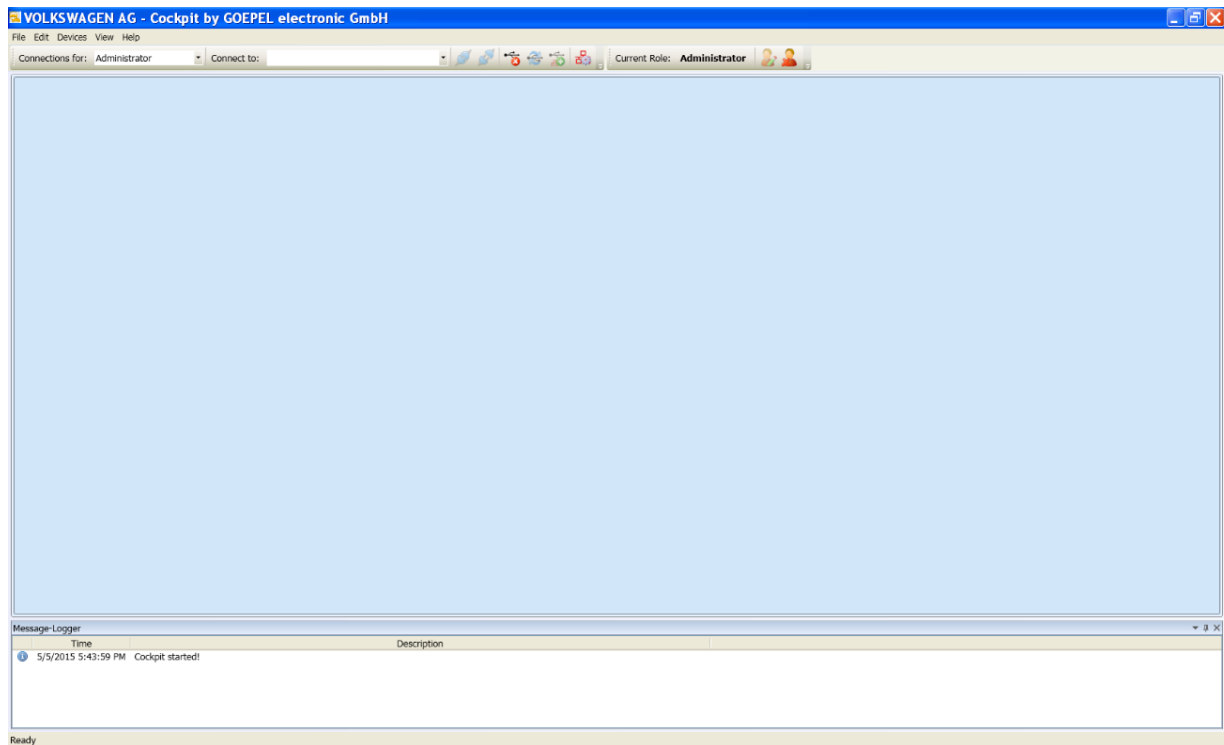
"Figura 70"

8.2 Cockpit ag Volkswagen

El programa Cockpit desarrollado por la compañía Goepel Electronics fue diseñado, a petición particular de VOKLSWAGEN, para manejar los diferentes programas de simulación de CANBUS. A partir de los requerimientos de las instalaciones de VOLKSWAGEN, Goepel se basó en realizar un programa sencillo para poder cargar los programas que el equipo de VOLKSWAGEN diseña para sus propias simulaciones en sus bancos de ensayos.

Es muy parecido al ya mencionado Hardware Explorer. Tiene unas pestañas en la parte superior para poder acceder a las distintas opciones de ventana como archivo, editar, dispositivos, vista y ayuda.

Lo primero con lo que te encuentras con el programa son los siguientes puntos. Indicación sobre a que dispositivo estás conectado, te permite ocultar los dispositivos conectados mediante USB y te muestra la categoría de usuario con la que estás trabajando.

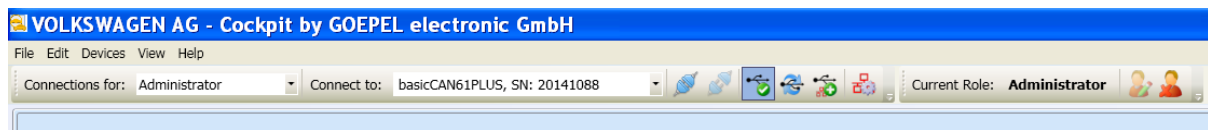


"Figura 71"

Para poder visualizar el dispositivo en el programa y poder conectarnos a él, tenemos que pinchar en el icono de Show/Hide USB-Devices in List como muestra la siguiente imagen y automáticamente el programa mostrara el dispositivo al que estamos conectados.

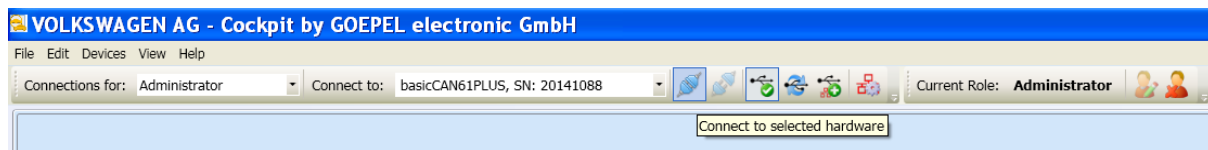


"Figura 72"



"Figura 73"

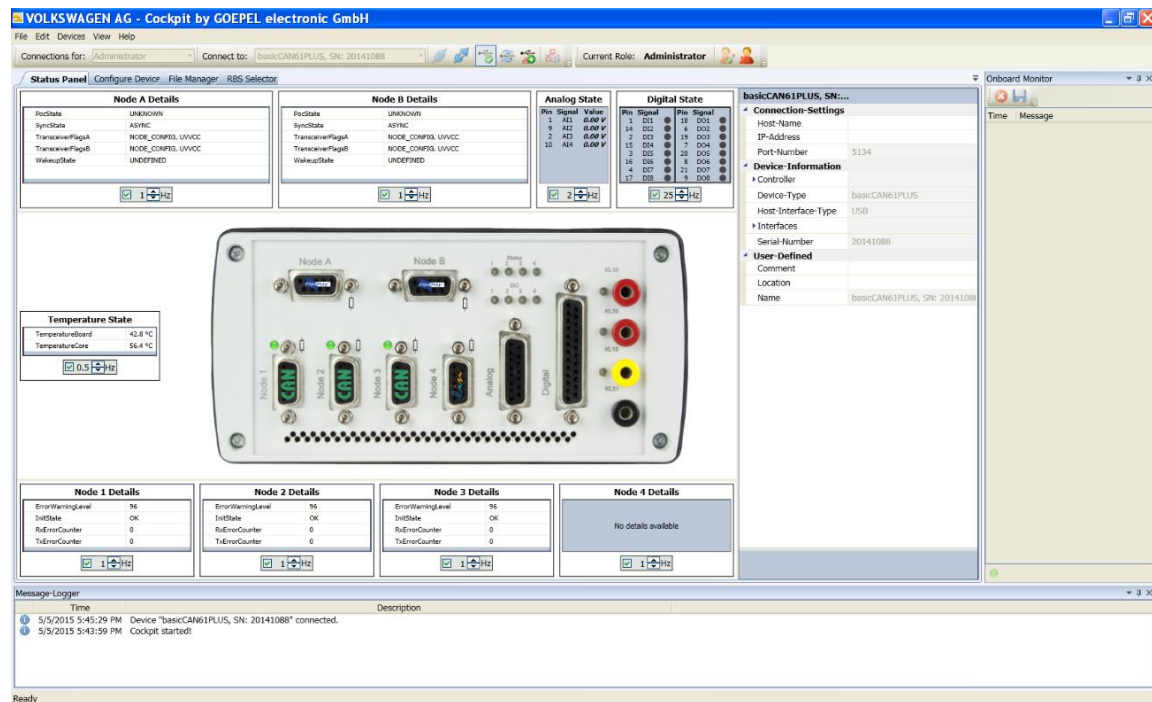
Para realizar la conexión basta con pinchar en el icono del enchufe conectado y después de leer la información del dispositivo se abrirán las siguientes ventanas.



"Figura 74"



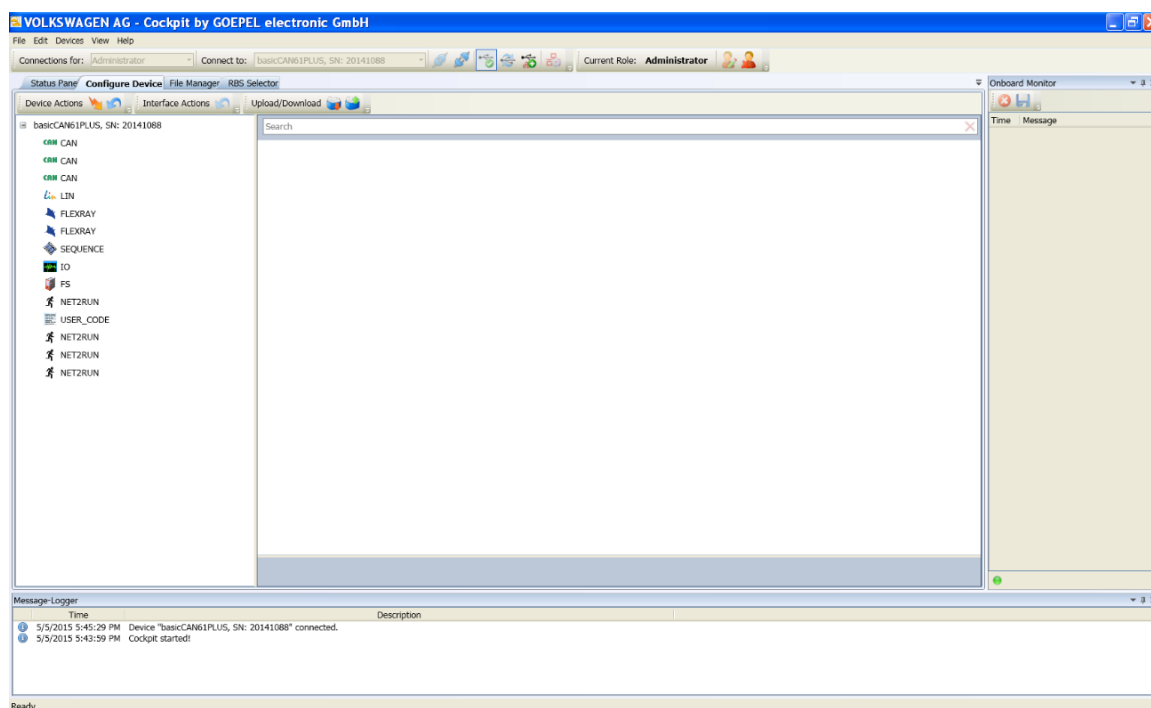
"Figura 75"



"Figura 76"

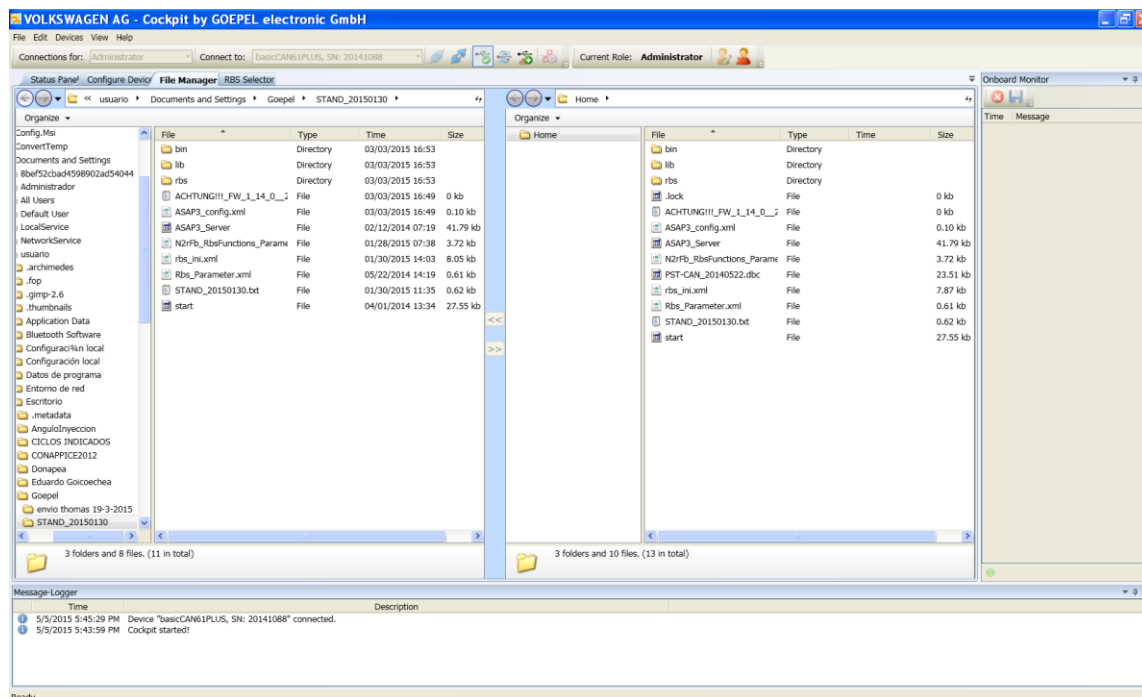
Esta es la ventana principal donde aparece la cara posterior de la controladora CANBUS y las diferentes conexiones. Además nos da la opción de cambiar la frecuencia de lectura de cada Nodo. Muestra además si un nodo no funciona correctamente y cuál es el error o aviso.

En la siguiente pestaña (Configure Device) encontramos la opción de poder instalar o descargar la configuración interna de la controladora. Esta pestaña no nos interesa ya que el dispositivo ya está configurado correctamente.



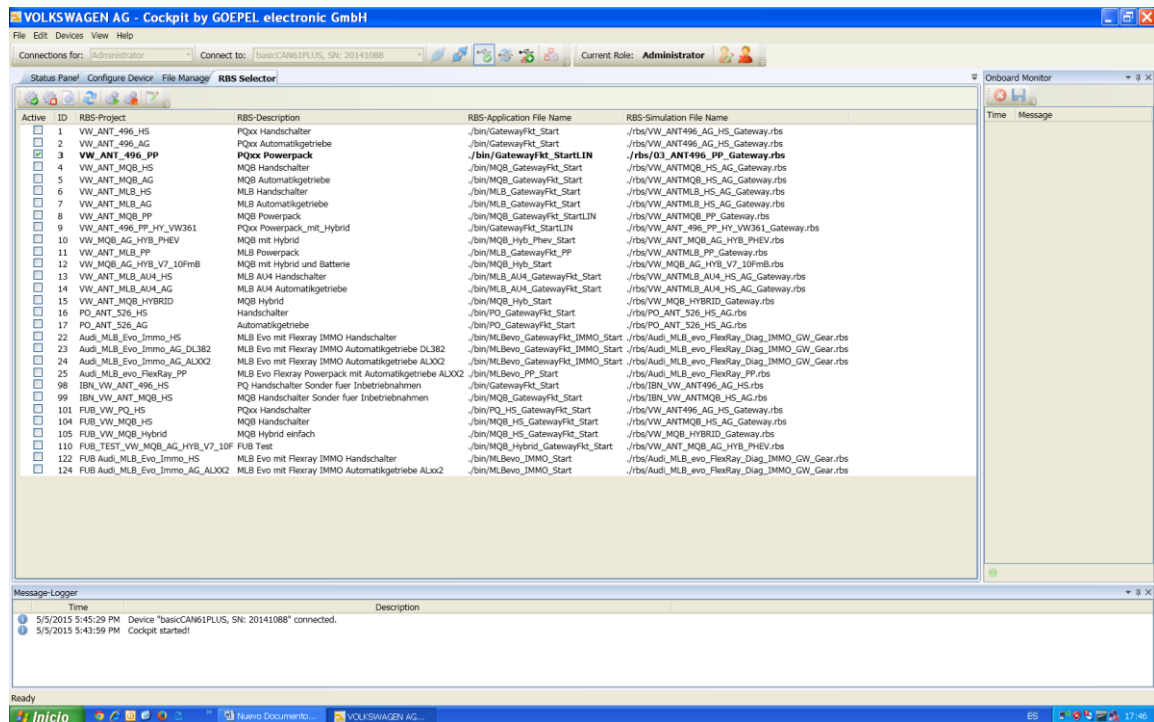
"Figura 77"

La siguiente pestaña (File Manager) nos permite cargar los diferentes programas de simulación del ordenador y cargarlos a la memoria interna de la controladora de CANBUS.



"Figura 78"

Por último, la pestaña de RBS Selector nos muestra los diferentes programas de simulación que hemos cargado en la controladora en el paso anterior. En nuestro caso aparecen los diferentes tipos de simulaciones que Goepel Electronics nos envió.



“Figura 79”

Las siguientes tablas definen brevemente todos los programas instalados en la controladora:

Overview of RBS programs (table)

RBS ID	Platform	Type	User code file	RBS file	Connections	I/O	Comments	ASAP3
1	ANT496	Manual transmission	GatewayFkt_Start	VW_ANT496_AG_HS_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
2	ANT496	Automatic transmission	GatewayFkt_Start	VW_ANT496_AG_HS_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
3	ANT496	Powerpack	GatewayFkt_StartLIN	03_ANT496_PP_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN	None	Actual ECU: ECM, transmission Simulated: Brake, gateway, selector lever	No
4	MQB	Manual transmission	MQB_GatewayFkt_Start	VW_ANTMQB_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
5	MQB	Automatic transmission	MQB_GatewayFkt_Start	VW_ANTMQB_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
6	MLB	Manual transmission	MLB_GatewayFkt_Start	VW_ANTMLB_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
7	MLB	Automatic transmission	MLB_GatewayFkt_Start	VW_ANTMLB_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
8	MQB	Powerpack	MQB_GatewayFkt_StartLIN	VW_ANTMQB_PP_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway, selector lever	No
9	ANT496	Powerpack with hybrid	GatewayFkt_StartLIN	VW_ANT_496_PP_HY_VW361_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN2: Hybrid bus CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN	None	Actual ECU: ECM, transmission, power electronics, battery Simulated: Brake, gateway, selector lever	No
RBS ID	Platform	Type	User code file	RBS file	Connections	I/O	Comments	ASAP3
10	MQB	MQB with hybrid	MQB_Hyb_Start	VW_MQB_AG_HYB_V7_10F.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN2: Hybrid bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN	None	Actual ECU: ECM, transmission, power electronics Simulated: Brake, gateway, selector lever, battery	Yes

Overview of RBS programs (table)

2

The English translation is believed to be accurate. In case of discrepancies, the German version is alone authoritative and controlling.

"Tabla 17"

11	MLB	Powerpack	MLB_GatewayFkt_StartLIN	VW_ANTMLB_PP_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway, selector lever	No
12	MQB	MQB with hybrid and battery	MQB_Hyb_Start	VW_MQB_AG_HYB_V7_10FmB.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN2: Hybrid bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus	None	Actual ECU: ECM, transmission, power electronics, battery Simulated: Brake, gateway, selector lever	Yes
13	MLB	Manual transmission	MLB_AU4_GatewayFkt_Start	VW_ANTMLB_AU4_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus LIN4: Energie_LIN ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
14	MLB	Automatic transmission	MLB_AU4_GatewayFkt_Start	VW_ANTMLB_AU4_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN2: Hybrid bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	Yes
15	MQB	MQB with hybrid	MQB_Hyb_Start	VW_MQB_HYBRID_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN2: Hybrid bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus	None	Actual ECU: ECM, Simulated: Brake, gateway, selector lever, battery, transmission, power electronics	Yes
20	MLB evo	MLB FlexRay	MLB_Evo_FlexRay_Start	Audi_MLB_evo_FlexRay.rbs	FlexRay1, FlexRay2: Drive bus CAN3: Test bed ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM Simulated: Gateway, transmission, instrument cluster	Yes
22	MLB evo	MLB FlexRay manual transmission	MLBevo_GatewayFkt_IMMO_Start	Audi_MLB_evo_FlexRay_Diag_IMMO_GW_G ear.rbs	FlexRay1, FlexRay2: Drive bus CAN1: Engine Immobilizer CAN3: Test bed ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM, engine Immobilizer Simulated: Gateway, transmission, instrument cluster	Yes
23	MLB evo	MLB FlexRay automatic transmission	MLBevo_GatewayFkt_IMMO_Start	Audi_MLB_evo_FlexRay_Diag_IMMO_GW_G ear.rbs	FlexRay1, FlexRay2: Drive bus CAN1: Engine Immobilizer CAN3: Test bed ETHERNET: ASAP3	None	Actual ECU: ECM engine Immobilizer Simulated: Gateway, transmission, instrument cluster	Yes
101	ANT496	Manual transmission	PQ_HS_GatewayFkt_Start	VW_ANT496_AG_HS_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (without termination) CAN3: AuSy test bed bus	Ignition system, starter	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	No
104	MQB	Manual transmission	MQB_HS_GatewayFkt_Start	VW_ANTMQB_HS_AG_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus	Ignition system, starter	Actual ECU: ECM Simulated: Brake, gateway	No
105	MQB	MQB with hybrid	MQB_HS_GatewayFkt_Start	VW_MQB_HYBRID_Gateway.rbs	CAN1: Drive bus (with termination) CAN2: Hybrid bus (with termination) CAN3: AuSy test bed bus	Ignition system, starter	Actual ECU: ECM, Simulated: Brake, gateway, selector lever, battery, transmission, power electronics	No

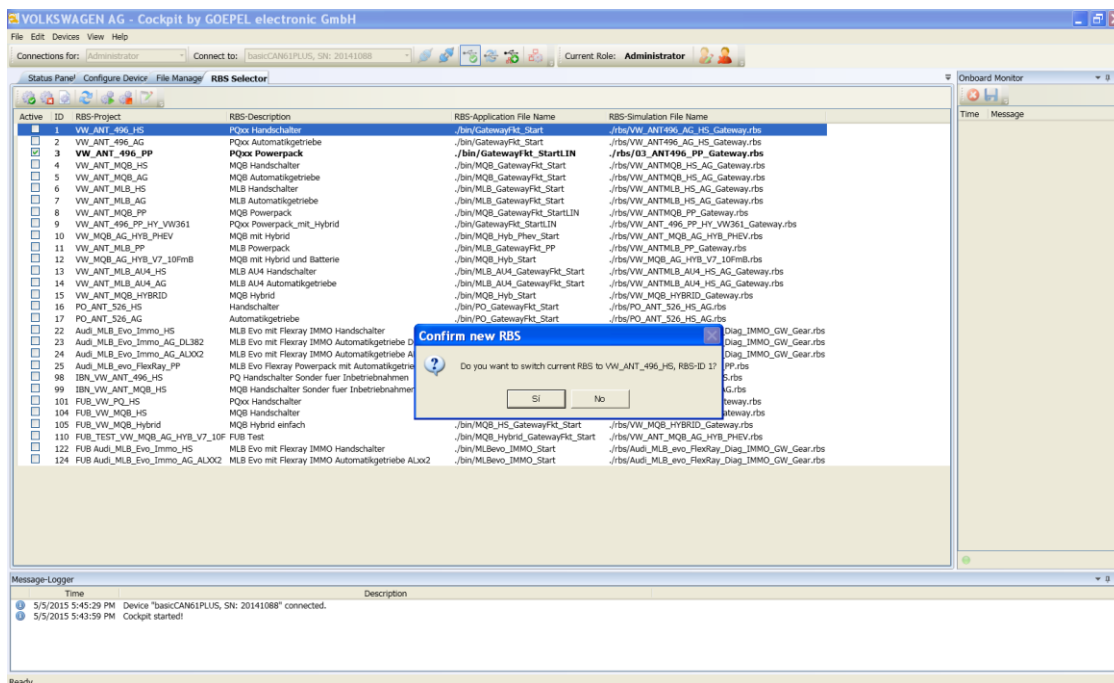
Overview of RBS programs (table)

3

The English translation is believed to be accurate. In case of discrepancies, the German version is alone authoritative and controlling.

"Tabla 18"

Para cargar el programa deseado tenemos que clicar encima del programa y pinchar en Si cuando nos pregunten si deseamos elegir el programa seleccionado.

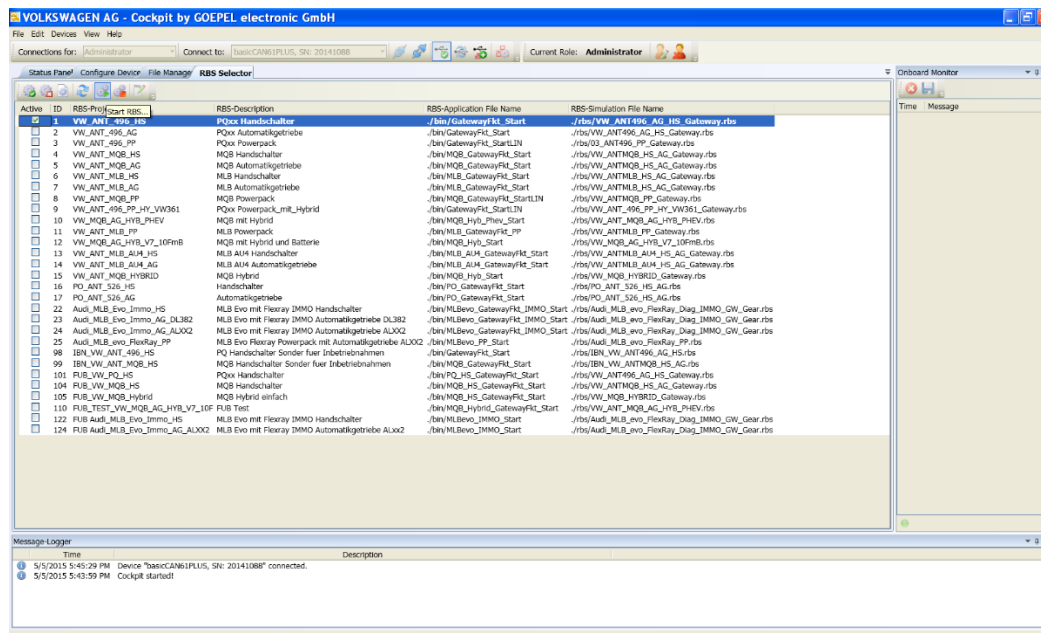


"Figura 80"

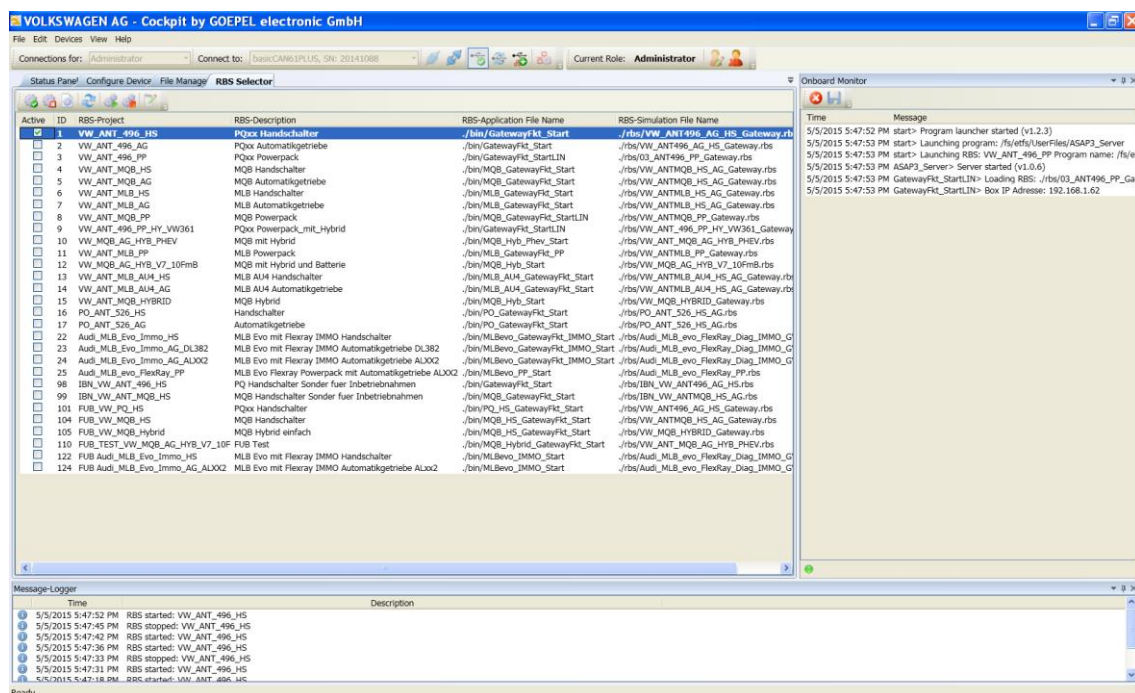
Para ponerlo en marcha pinchamos en el icono de Start RBS... y la controladora empezara a funcionar a partir del programa seleccionado. Para detenerlo bastara con hacer clic sobre el icono de Stop RBS...

Los iconos de Enable RBS y Disable RBS, a la izquierda de los iconos anteriormente mencionados, permiten habilitar o inutilizar el programa seleccionado.

"Instalación y puesta en marcha de la controladora de CANbus BasicCAN 61 Plus en un motor Volkswagen 1.4 gasolina sobrealimentado"



"Figura 81"



"Figura 82"

Los programas que Goepel electronic nos ha indicado que son válidos para nuestro motor VOLKSWAGEN 1.4 TSI del bastidor son el RBS 1, 2 y 3:

RBS ID 1 ANT496 manual transmission

Platform: *PQ manual transmission*

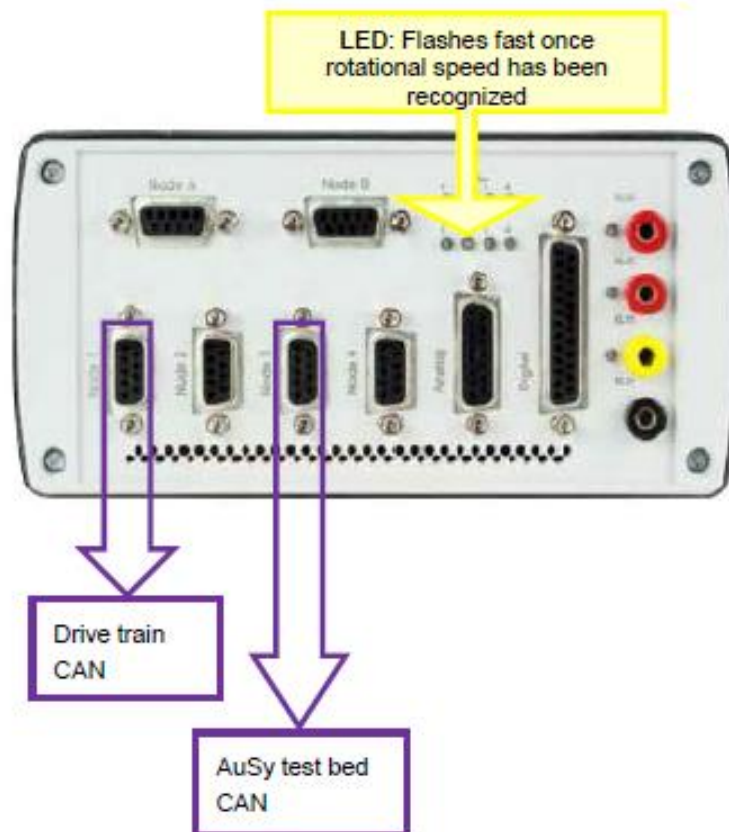
DBC file: *PQ35_46_ACAN_KMatrix_V5.14.6kF_20130611_MH.dbc*
PQ35_46_ACAN_KMatrix_V5.15.6F_20131031_MH.dbc
PQ25_ACAN_KMatrix_V5.15.1F_20131031_MH.dbc

Actual ECUs: *Engine control module*

Simulated ECUs: *Gateway, brake*

Dynamic signals (V1.0): *Wheel speeds, speed on instrument cluster, ignition system, starter*

Connections at the box:



"Figura 83"

RBS ID 2 ANT496 automatic transmission

Platform: *PQ automatic transmission*

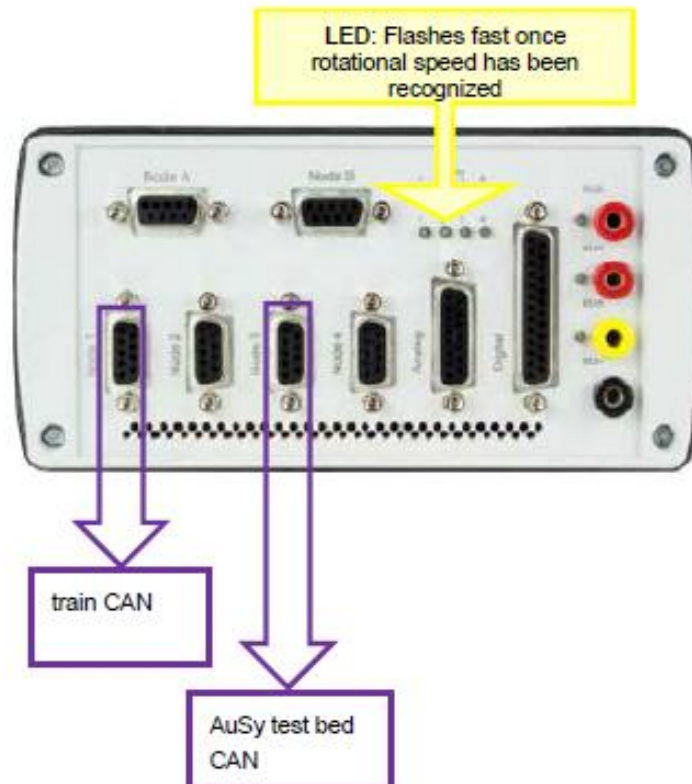
DBC file: *PQ35_46_ACAN_KMatrix_V5.14.6kF_20130611_MH.dbc*
PQ35_46_ACAN_KMatrix_V5.15.6F_20131031_MH.dbc
PQ25_ACAN_KMatrix_V5.15.1F_20131031_MH.dbc

Actual ECUs: *Engine control module*

Simulated ECUs: *Gateway, brake, transmission*

Dynamic signals ([V1.0](#)): *Wheel speeds, speed on instrument cluster, target gear, ignition system, starter*

Connections at the box:



"Figura 84"

RBS ID 3 ANT496 powerpack

Platform: PQ powerpack

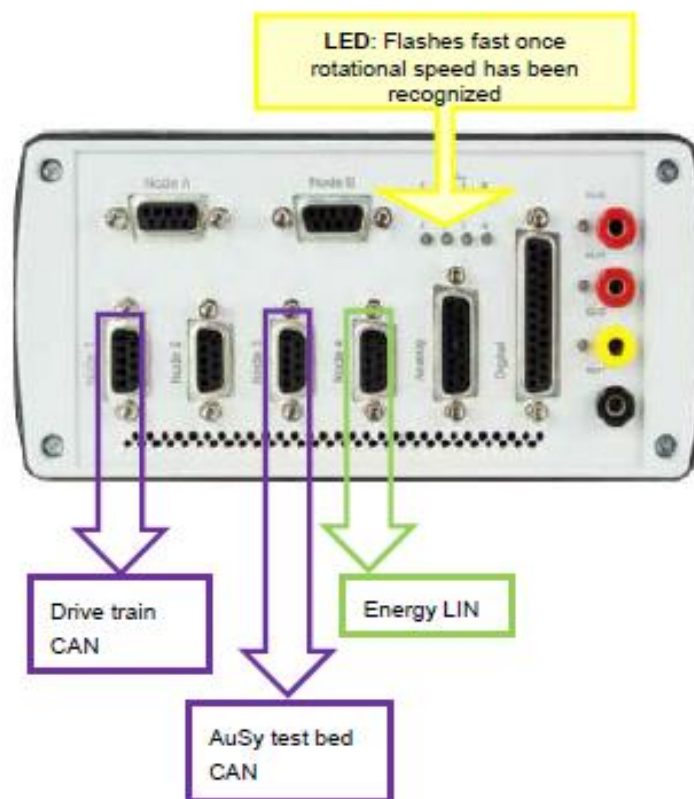
DBC file: C1_PQ35_46_ACAN_V5_6_6_F_20090529_MH.dbc
Energie.LIN_KMatrix_V1.06.01F_20110412_TR.idf

Actual ECUs: Engine control module, transmission control module

Simulated ECUs: Gateway, brake, selector lever, generator (LIN)

Dynamic signals (V1.1): Wheel speeds, brake pressure, brake light signal, speed on instrument cluster, ignition system, starter, selector lever (complete), energy LIN

Connections at the box:



"Figura 85"

Para cada instalación se debe utilizar un programa diferente.

El RBS 1 se utiliza cuando el motor posee una caja de cambios manual y está montado en el banco de pruebas conectando al

Nodo 1 la red CAN de tracción y al Nodo 3 el banco de pruebas. Este programa es capaz de simular la centralita del ABS y el Gateway entre la controladora y la red CANBUS del motor montado en el bastidor.

El RBS 2 trabaja cuando el motor montado en el banco de pruebas poseía una caja de cambios automática pero en el banco está instalado sin ella. Este programa es capaz de simular las misas centralitas que el RBS 1 y además la de la transmisión.

El RBS 3 se debe poner en marcha cuando el motor y la caja de cambios automática están montados en el banco de pruebas, así el programa además de simular el Gateway y la centralita del ABS, también simulara la centralita de la palanca selectora de la caja de cambios.

9. COMPROBACION DE LOS PROGRAMAS DE SIMULACION

Después de hablar con el técnico de GOEPEL ELECTRONICS y no ser capaces de conseguir información del motor a través de los programas instalados de fábrica que contiene la controladora BasicCAN 61 Plus, me propusieron instalar en el motor montado en el bastidor la centralita de ABS o la del airbag para comprobar que los DTC's que provenían de dicha centralita desaparecían haciendo funcionar el programa RBS-ID 1.

Escogí montar la centralita del Airbag debido a que para instalar la del ABS había que retirar todo el aceite del circuito de frenos ya que la centralita y la bomba están unidas físicamente y no se pueden separar.

No sabía exactamente donde se encontraba la centralita del Airbag, pero lo que si sabía era que se suelen instalar en la zona central del coche, cerca de la palanca de cambios así que empecé por esa zona.

9.1 Desmontaje e instalación de la centralita del airbag



"Figura 86"

1. El primer paso fue retirar los embellecedores que ocultan y sujetan el mando de la radio y el aire acondicionado.



"Figura 87"

2. El aire acondicionado está sujeto a la consola central mediante dos tornillos Torx de métrica 8:



"Figura 88"

3. A continuación debe separarse la funda de piel de la palanca selectora de la consola central, soltando las 4 grapas:



"Figura 89"

4. Seguido nos colocamos en la parte trasera para desmontar el apoyabrazos central:



"Figura 90"

5. Soltamos el tornillo que sujeta el posavasos al apoyabrazos y las grapas que lo fijan a los laterales del apoyabrazos:



"Figura 91"

6. Retiramos la tapa inferior:



"Figura 92"

7. Soltamos la tuerca , que ancla el soporte del apoyabrazos al suelo y los laterales, y el pequeño tornillo de torx central:



"Figura 93"

8. Se separa las aletas que abrazan la zona central del salpicadero del velcro que los une separándolos simplemente:



"Figura 94"

9. Y ahora con más maña que fuerza empezamos a retirar la consola central. Teniendo cierto cuidado en la zona de la palanca selectora para apartar la funda de piel con cuidado y en la palanca del freno de mano ya que el hueco para su salida es bastante estrecho:



"Figura 95"



"Figura 96"

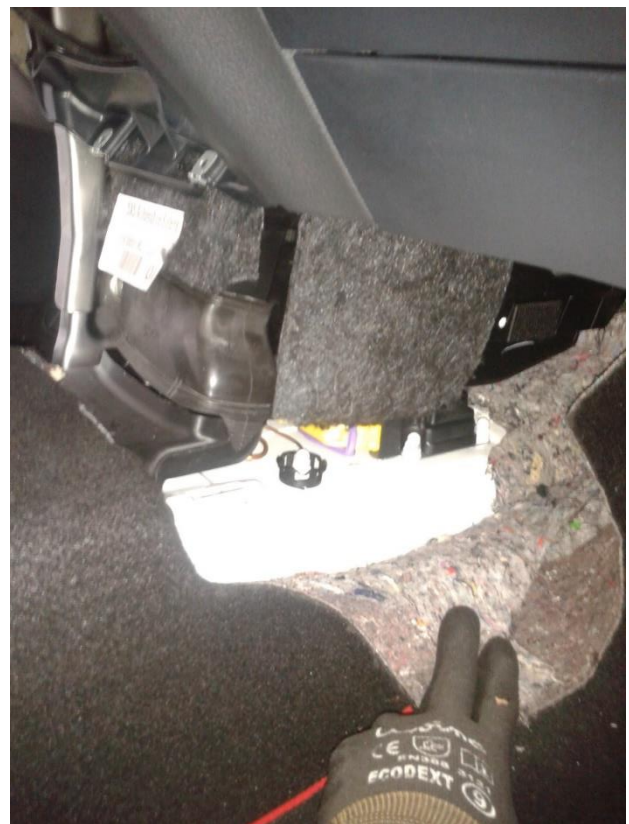
10. Una vez retirada la gran pieza central ya tenemos a la vista la centralita del Airbag debajo de la radio y los mandos del aire acondicionado:



"Figura 97"



"Figura 98"



"Figura 99"

11. Para retirar la centralita hay que soltar tres tuercas hexagonales de métrica 12:



"Figura 100"

12. Finalmente ya tenemos extraída la centralita del Airbag:

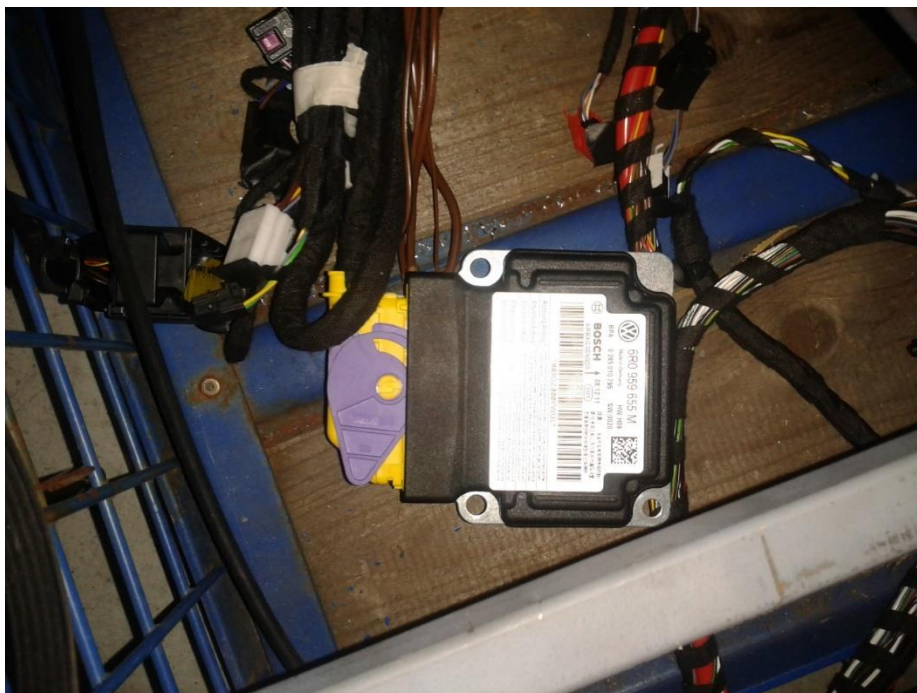


"Figura 101"

13. Instalamos la centralita extraída en el sistema eléctrico del motor montado en el bastidor:



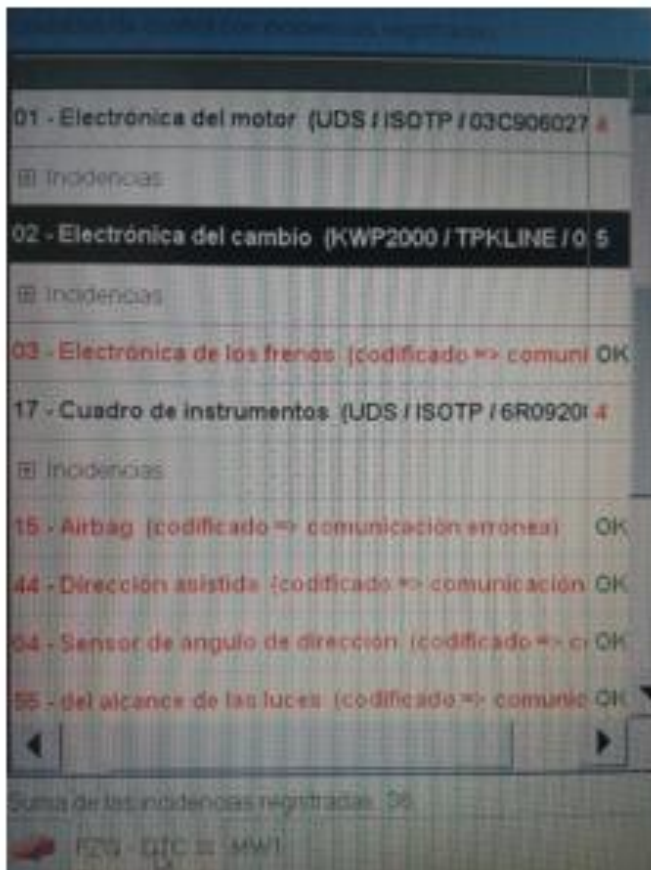
"Figura 102"



"Figura 103"

9.2 Resultado

Damos el contacto al motor del bastidor, cargamos el programa RBS-ID 1 y comprobamos si se han borrado las DTC's con la máquina de diagnosis proporcionada por VW VAS 5052 A que muestra la centralita del Airbag:



DTC's sin centralita del airbag



DTC's con centralita del airbag

"Figura 104"

En la primera imagen observamos las 36 incidencias que muestra el motor sin la conexión de la centralita del Airbag.

En la segunda imagen, en la cual está instalada la centralita del Airbag, se observa que el número de incidencias ha aumentado, todas relacionadas con la centralita del airbag.

Podemos sacar en conclusion que el programa cargado no trabaja como debería y no es capaz de borrar las DTC's del Airbag.

Así que la comprobación de funcionamiento de los programas instalados de fábrica por la empresa GOEPEL no es capaz de trabajar con el sistema de CAN BUS de nuestro motor.

Tras comunicarle esta comprobación al servicio técnico de GOEPEL nos respondieron que entonces el problema es que la comunicación no se da debido a que el hardware que tenemos montado en el bastidor no es el mismo que tiene VOKLSWAGEN en sus instalaciones.

GOEPEL fabrica las controladoras pero es VOKLSWAGEN quien las programa debido a que es necesario información privada y que no quieren revelar.

10. COSTES DEL PROYECTO

A continuación se definen los costes económicos que ha acarreado realizar el proyecto:

NOMBRE DEL ARTICULO	DESCRIPCION	PRECIO/ud	UNIDADES	COSTE
Controladora BasicCAN 61 Plus	Controladora de CANBUS para simulaciones de ensayos de la marca Goepel Electronics	3737	1	3.737,00 €
OBD2 16 Pin Male to Dual Female	Adaptador OBD2 de macho a dos hembras	10,69	1	10,69 €
Universal 16 Pin OBD2	Conector OBD2 de 16 pines macho	3,38	3	10,14 €
DB9 RS232 Serial 9 Pin male Plug Connector	Conector RS232 de 9 pines macho	1,58	3	4,74 €
Cable UTP 5 de 8 hilos		1,2/metro	2,5 metros	3,00 €
				3.765,57 €

11. CONCLUSION

Tras finalizar este Trabajo Fin de Grado y visualizar los resultados obtenidos en las pruebas de simulación, con el objetivo de crear una red de simulación en el motor 1.4 TSI sobre el bastidor, he obtenido una serie de conclusiones cuyo fin es facilitar el desarrollo de futuros trabajos sobre el motor estudiado y dar una idea del resultado del trabajo realizado.

En primer lugar, me gustaría resaltar que he aprendido muchas cosas que en los cuatro años de carrera no me habían enseñado. Me he dado cuenta que no siempre estará en mi mano que un proyecto sea realizado de la manera que uno tenía en mente. En la realización de dicho trabajo he dependido mucho de otros técnicos, especialmente de la empresa Goepel Electronic, para poder avanzar y solucionar los distintos obstáculos que me han ido surgiendo.

En la conclusión que al propio trabajo se refiere se ha podido realizar la instalación completa de la red de hardware necesaria para llevar a cabo la simulación. En mención al apartado del software de la instalación, han aparecido y existen problemas debido a que al trabajar con las "entrañas" de un motor de una marca de fabricantes de coches tan importante, como es Volkswagen, el tema de la privacidad de datos técnicos es muy importante y son reacios a proporcionar datos necesarios para la realización de la programación específica para nuestro motor. Por este motivo no se ha podido terminar el trabajo acorde con las primeras expectativas. Aun así se sigue trabajando a la par de Volkswagen y Goepel para poder solucionar los problemas en la programación de la controladora de BasicCAN 61 Plus para poder crear una red de simulación compatible con nuestro hardware.

Además de saber tratar con otros ingenieros, tanto extranjeros como nacionales, he aprendido muchos aspectos técnicos relacionados con la automoción. Hoy en día un ingeniero que quiera dedicarse al mundo de la automoción, no solo necesita conocer los diferentes aspectos de la mecánica, sino que además debe tener un profundo conocimiento sobre electricidad y electrónica de vehículos. Se ha integrado en todos y cada uno de los sistemas del vehículo, por lo que la convierte en un tema muy importante a la hora de diseñar o trabajar con el vehículo.

12. REFERENCIAS

12.1 Referencias bibliográficas

- [1]. "Proyecto Final de Carrera de Joseba Landiribar Rodríguez, alumno de Ingeniería Industrial de la UPNA. Febrero de 2014".
- [2]. "Trabajo Fin de Grado de Eduardo Goicoechea Devora, alumno de grado en Ingeniería Mecánica de la UPNA. Mayo de 2015".
- [3]. "Programa autodidáctico 359 del motor TSI 1.4l con sobrealimentación doble".
- [4]. "Proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez, alumno de Ingeniería en Automática y Electrónica Industrial de la Universidad Politécnica de Barcelona. Enero de 2015".
- [9]. "Manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".

12.2 Referencias linkográficas

- [5]. "www.dacarsa.net/basic/divulgacion/cea.php".
- [6]. "<http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/561pub.pdf>".
- [7]. "<http://ocw.um.es/ingenierias/sistemas-embebidos/material-de-clase-1/ssee-da-t03-02.pdf>".
- [8]. "www.goepel.com".

12.3 Bibliografía complementaria

- "Apuntes de la asignatura maquinas térmicas de 4º curso de grado de Ingeniería Mecánica del profesor José Carlos Urroz Unzueta".
- "<http://es.slideshare.net/jomigir/cea-ud9-mto-circuitos-canbusrev0-7550701>".

- "Esquemas eléctricos del motor 1.4 TSI con sobrealimentación doble proporcionado por Volkswagen".
- "Proyecto Fin de Carrera de Guillermo Pallarés Castillo alumno de Ingeniería Electrónica y Automática de la Universidad Pontificia Comillas".
- "Norma ISO 11898-6:2013".

12.4 Lista de figuras

- Figura 1. "Figura que muestra el despiece del motor VW TSI 1.4l obtenida del programa autodidáctico 359 del motor TSI 1.4l con sobrealimentación doble".
- Figura 2. "Figura de las partes del sistema del compresor mecánico obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4l con sobrealimentación doble".
- Figura 3. "Figura del sistema de acoplamiento electromagnético del compresor mecánico obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Figura 4. "Figura que muestra el despiece del acoplamiento electromagnético del compresor mecánico obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Figura 5. "Figura que muestra el sistema de acoplamiento electromagnético del compresor mecánico sin accionar obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Figura 6. "Figura que muestra el sistema de acoplamiento electromagnético del compresor mecánico accionado obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Figura 7. "Figura del sistema de admisión y escape completo del motor VW TSI 1.4l obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4l con sobrealimentación doble".

- Figura 8. "Figura del sistema de comunicación del vehículo obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4l con sobrealimentación doble".
- Figura 9. "Figura de los componentes de la red CAN obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Figura 10. "Figura de la línea de una red CAN obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Figura 11. "Figura de los terminadores de las unidades de control del vehículo obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Figura 12. "Figura que muestra el esquema eléctrico de un nodo en una red CAN bus obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Figura 13. "Figura de un ejemplo de ciclo de transmisión de mensaje de una red CAN bus obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Figura 14. "Figura que muestra los dos formatos de campo (estándar y extendido) que puede adoptar un mensaje en el protocolo CAN obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Figura 15. "Figura del logotipo de la marca alemana Gopel Electronic proporcionada por su página web".
- Figura 16. "Figura que muestra una vista en perspectiva de la controladora BasicCAN 61 Plus obtenida del manual de usuario de dicha controladora proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Figura 17. "Figura que muestra la cara posterior de la controladora BasicCAN 61 Plus obtenida del manual de usuario

de dicha controladora proporcionado por la marca Gopel Electronics".

- Figura 18." Figura que muestra la cara anterior de la controladora BasicCAN 61 Plus obtenida del manual de usuario de dicha controladora proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Figura 19. "Figura que muestra el paso 1 de la instalación del programa HARDWARE EXPLORER de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 20." Figura que muestra el paso 2 de la instalación del programa HARDWARE EXPLORER de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 21." Figura que muestra el paso 3 de la instalación del programa HARDWARE EXPLORER de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 22." Figura que muestra el paso 4 de la instalación del programa HARDWARE EXPLORER de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 23." Figura que muestra el paso 4 de la instalación del programa HARDWARE EXPLORER de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 24." Figura que muestra el paso 5 de la instalación del programa HARDWARE EXPLORER de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 25." Figura que muestra el paso 1 de la instalación del Driver USB de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 26." Figura que muestra el paso 2 de la instalación del Driver USB de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 27." Figura que muestra el paso 3 de la instalación del Driver USB de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".

- Figura 28." Figura que muestra el paso 4 de la instalación del Driver USB de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 29." Figura que muestra el reconocimiento del PC de la controladora como dispositivo USB realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 30." Figura que muestra el paso 1 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 31." Figura que muestra el paso 2 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 32." Figura que muestra el paso 3 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 33." Figura que muestra el paso 4 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 34." Figura que muestra el paso 5 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 35." Figura que muestra el paso 6 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 36." Figura que muestra el paso 6 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 37." Figura que muestra el paso 7 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 38." Figura que muestra el paso 8 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".

- Figura 39." Figura que muestra el paso 9 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 40." Figura que muestra el paso 10 de la instalación del programa Cockpit AG de la marca Gopel Electronics realizada en el ordenador del autor del trabajo de fin de grado".
- Figura 41."Figura que muestra la conexión, a través de cable USB, entre la controladora BasicCAN 61 Plus y el ordenador realizada en el taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA.
- Figura 42."Figura que muestra el esquema de conexiones completo para que el motor funcione correctamente en el banco de pruebas obtenida de la documentación proporcionada por Goepel Electronic Remaining Bus SIMulation System on the EA Test Bed Hardware, Software and Integration".
- Figura 43."Figura Nº1 del conector OBD 2 de diagnosis del motor montado en el bastidor del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 44."Figura Nº2 del conector OBD 2 de diagnosis del motor montado en el bastidor del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 45."Figura del esquema eléctrico del conector OBD 2 de la diagnosis del polo GTI A05 obtenida de los esquemas del vehículo VW 1.4 GTI CAVE 6R1 2011".
- Figura 46."Figura del conector hembra OBD 2 con los pines a usar marcados".
- Figura 47."Figura de la cara posterior de la controladora BasicCAN 61 Plus obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Figura 48."Figura de la numeración de los pines de un conector D-SUB 9 obtenida de www.investigare.blogspot.com".

- Figura 49."Figura que muestra el cable UTP 5 de 8 hilos que se usara para realizar la conexión entre el motor y la controladora BasicCAN 61 Plus".
- Figura 50."Figura que muestra el terminal macho D-SUB 9 que se usara para realizar la conexión entre el motor y la controladora BasicCAN 61 Plus".
- Figura 51."Figura que muestra el terminal OBD 2 que se usara para realizar la conexión entre el motor y la controladora BasicCAN 61 Plus".
- Figura 52."Figura que muestra el conmutador de 2 posiciones que se usara para realizar la conexión entre el motor y la controladora BasicCAN 61 Plus".
- Figura 53."Figura que muestra la numeración de pines D-SUB 9 hembra y macho obtenida de www.investigare.blogspot.com".
- Figura 54."Figura que muestra la numeración de pines OBD 2 hembra y macho obtenida de www.alamaula.com".
- Figura 55."Figura del esquema eléctrico de las conexiones de los pines de los terminales y el conmutador".
- Figura 56."Figura del paso 1 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 57."Figura del paso 2 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 58."Figura del paso 2 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 59."Figura del paso 3 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 60."Figura del paso 4 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".

- Figura 61."Figura del paso 5 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 62."Figura del paso 5 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 63."Figura del paso 5 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 64."Figura del paso 6 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 65."Figura del paso 6 de la fabricación y montaje del cable de conexión entre el motor 1.4 TSI y la controladora BasicCAN61 Plus".
- Figura 66."Figura Nº1 del cable de conexión terminado".
- Figura 67."Figura Nº2 del cable de conexión terminado".
- Figura 68."Figura en la que se muestra la interfaz de inicio del programa HARDWARE EXPLORER".
- Figura 69."Figura que muestra las diferentes opciones de la herramienta Tools del programa HARDWARE EXPLORER".
- Figura 70."Figura que muestra las diferentes opciones al pinchar con botón derecho en el nombre del dispositivo del programa HARDWARE EXPLORER".
- Figura 71."Figura de la interfaz de inicio del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 72."Figura Nº1 que muestra el icono de mostrar/ocultar los dispositivos USB conectados al ordenador del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 73."Figura Nº2 que muestra el icono de mostrar/ocultar los dispositivos USB conectados al ordenador del programa Cockpit AG Volkswagen".

- Figura 74. "Figura que muestra el icono de conexión al dispositivo Gopel Electronic del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 75. "Figura que muestra el estado de conectando al dispositivo Gopel Electronic del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 76. "Figura que muestra la interfaz del Status Panel de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 77. "Figura que muestra la interfaz del Configure Device de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 78. "Figura que muestra la interfaz del File Manager de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 79. "Figura que muestra la interfaz del RBS Selector de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 80. "Figura que muestra la selección del programa RBS en la interfaz del RBS Selector de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 81. "Figura que muestra la selección de Start RBS en la interfaz del RBS Selector de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 82. "Figura que muestra el funcionamiento del programa RBS seleccionado en la interfaz del RBS Selector de la controladora BasicCAN 61 Plus del programa Cockpit AG Volkswagen".
- Figura 83. "Figura que muestra la descripción del programa RBS ID 1 ANT 496 manual transmission obtenida de la documentación proporcionada por Gopel Electronic Operating Documentation for Volkswagen AG Remaining-Bus Simulation".

- Figura 84."Figura que muestra la descripción del programa RBS ID 2 ANT 496 automatic transmission obtenida de la documentación proporcionada por Gopel Electronic Operating Documentation for Volkswagen AG Remaining-Bus Simulation".
- Figura 85."Figura que muestra la descripción del programa RBS ID 3 ANT 496 powerpack obtenida de la documentación proporcionada por Gopel Electronic Operating Documentation for Volkswagen AG Remaining-Bus Simulation".
- Figura 86."Figura del salpicadero y consola central del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 87."Figura del paso 1 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 88."Figura del paso 2 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 89."Figura del paso 3 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 90."Figura del paso 4 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 91."Figura del paso 5 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 92."Figura del paso 6 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 93."Figura del paso 7 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".

- Figura 94."Figura del paso 8 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 95."Figura del paso 9 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 96."Figura del paso 9 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 97."Figura del paso 10 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 98."Figura del paso 10 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 99."Figura del paso 10 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 100."Figura del paso 11 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 101."Figura del paso 12 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 102."Figura del paso 13 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 103."Figura del paso 13 del desmontaje de la centralita del Airbag del VW Polo GTI A05 del taller de máquinas térmicas CARLOS SOPENA de la UPNA".
- Figura 104."Figura de la comparación de las DTC´s leídas con la maquina VAS 5052A proporcionada por Volkswagen del motor montado sobre el bastidor con y sin centralita del Airbag".

12.5 Lista de tablas

- Tabla 1. "Tabla de datos técnicos del motor VW 1.4 TSI obtenida del programa autodidáctico 359 del motor TSI 1.4L con sobrealimentación doble".
- Tabla 2. "Tabla de curva de potencia y par motor en función del régimen motor obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Tabla 3. "Tabla de márgenes de trabajo del sistema de doble sobrealimentación obtenida del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Tabla 4. "Tabla de distintas presiones en función del régimen motor obtenidas del programa autodidáctico 359 del motor 1.4L con sobrealimentación doble".
- Tabla 5. "Tabla de relación entre la velocidad de transmisión de datos y la distancia máxima de línea de una red CAN realizada por el autor del trabajo de fin de grado y datos obtenidos del proyecto fin de carrera de José María Sancho de la Universidad de Huelva".
- Tabla 6. "Tabla de los valores típicos de tensión que se dan en la comunicación en una red da CAN bus obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Tabla 7. "Tabla de un ejemplo de sistema de priorización del mensaje en una red CAN bus obtenida del proyecto final de carrera realizado por Andrés Peñalver Núñez de la Universidad Politécnica de Barcelona".
- Tabla 8. "Tabla de los estados indicativos de los LED's de la controladora BasicCAN 61 Plus obtenida del manual de usuario de dicha controladora proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 9. "Tabla de asignación de pines a los Nodos 1 y 2 del protocolo CAN obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".

- Tabla 10. "Tabla de asignación de pines al Nodo B del protocolo CAN obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 11. "Tabla de asignación de pines a los Nodos 3 y 4 del protocolo LIN obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 12. "Tabla de asignación de pines a los Nodos A y B del protocolo Flexray obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 13. "Tabla de asignación de pines a las entradas y salidas analógicas obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 14. "Tabla de asignación de pines a las entradas y salidas digitales obtenida del manual de usuario de la controladora BasicCAN 61 Plus proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 15. "Tabla de descripción de los elementos del esquema eléctrico del sistema eléctrico de conexión de la diagnosis del vehículo Polo A05 obtenida de los esquemas del vehículo VW 1.4 GTI CAVE 6R1 2011".
- Tabla 16. "Tabla de asignación de pines de los conectores D-SUB 9 de los diferentes protocolos de comunicación de la controladora BasicCAN 61 plus obtenida del manual de usuario de dicha controladora proporcionado por la marca Gopel Electronics".
- Tabla 17. "Tabla Nº1 de la descripción de la lista de programas de simulación proporcionados por Gopel Electronic obtenida del Operating Documentation for Volkswagen AG Remaining-Bus Simulation proporcionado por Gopel Electronics".
- Tabla 18. "Tabla Nº2 de la descripción de la lista de programas de simulación proporcionados por Goepel Electronic obtenida del Operating Documentation for Volkswagen AG Remaining-Bus Simulation proporcionado por Gopel Electronics".